ISSN 0131-0430





СОДЕРЖАНИЕ

В помощь радиолюбителю

Выпуск 79

УЧЕБНЫМ ОРГАНИЗАЦИЯМ ДОСААФ

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЭКЗАМЕНАТОР-РЕПЕТИТОР

Г. Бусарин

Описанный ниже электронный экзаменатор-репетитор разработан и изготовлен в Горьковском ордена «Знак Почета» речном училище имени И. П. Кулибина курсантами радиотехнического отделения А. Сафроновым и А. Кириллиным под руководством автора этой статьи. Прибор может быть использован для обучения и проверки знаний по самым различным дисциплинам.

Общее построение экзаменатора соответствует так называемому выборочному способу ввода ответа. Этот метод не лишен недостатков (см. «Радио», 1975, № 11, с. 17). Тем не менее экзаменатор, о котором идет речь, заслуживает внимания. Он собран из доступных деталей, прост в налаживании и позволяет кодировать большое число вариантов вопросов. Построение отдельных узлов экзаменатора может быть взято за основу при конструировании более совершенной обучающей аппаратуры.

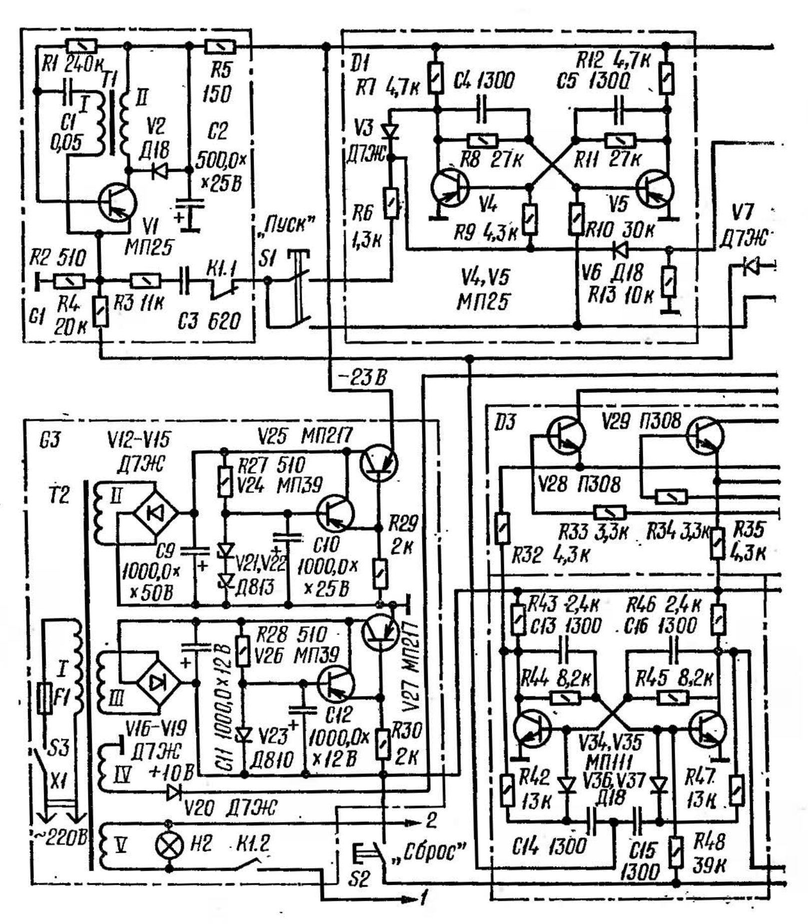


Рис. 1. Принципиальная схема экзаменатора

Контрольный билет, предъявляемый экзаменующемуся, состоит из пяти вопросов, на каждый из которых предлагается по три ответа. Из трех ответов на вопрос лишь один правильный. Задача экзаменуемого состоит в выборе правильных ответов и установке переключателей ответов в соответствующие положения. Таких билетов с неповторяющимся шифром может быть 729. Оценку знаний высвечивает цифровой индикатор. Прибор порта-

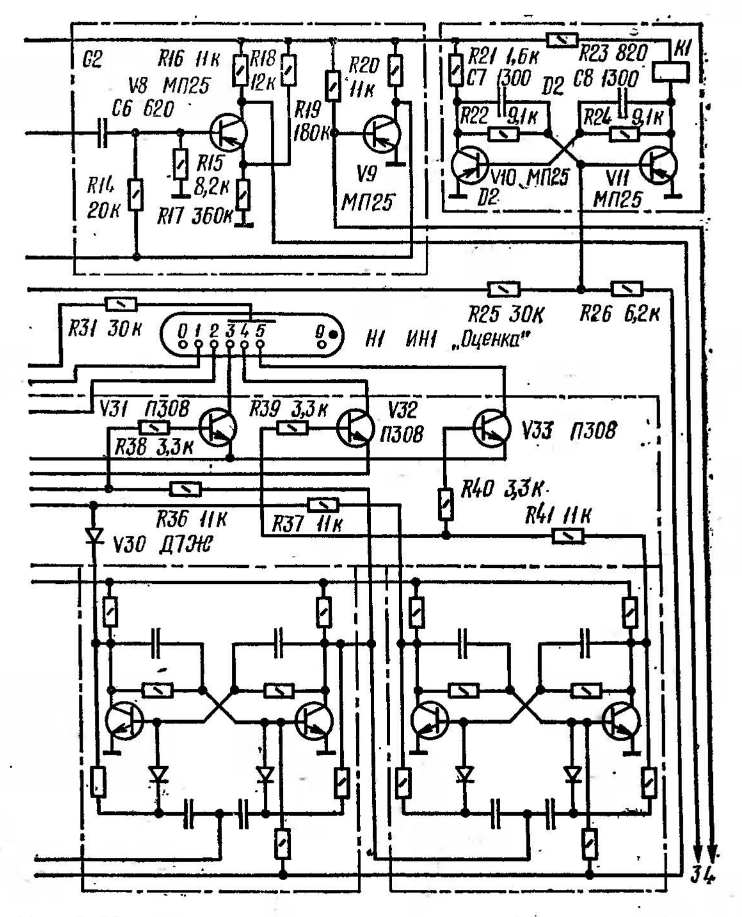


Рис. 1. Принципиальная схема экзаменатора (продолжение)

тивен и удобен в эксплуатации. Он может работать в двух режимах — *«Экзамен»* и *«Повторение»*.

Схема экзаменатора представлена на рис. 1. В режиме *«Экзамен»* прибор работает следующим образом. После включения питания выключателем *S3* начинает работать генератор импульсов *G1*. Импульсы отрицательной полярности с частотой следования 500 Гц через замкнутые контакты *K1.1* реле *K1* и контакты кнопки

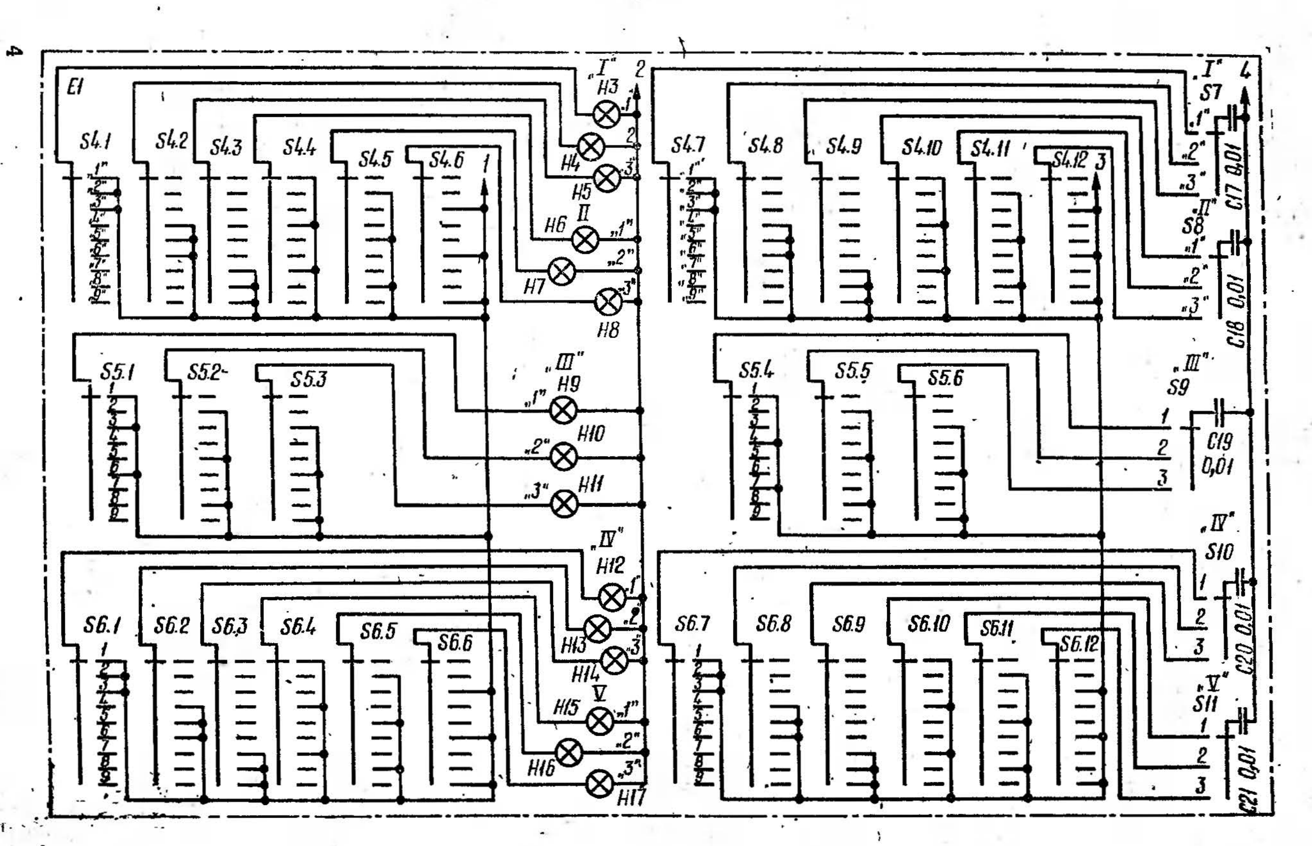


Рис. 1. Принципиальная схема экзаменатора (продолжение)

S1 поступают на триггеры *D1* и *D2*. При этом открываются транзисторы *V5* и *V11* и срабатывает реле *K1*, контактами *K1.1* отключающее оба триггера от генератора. Контакты *K1.2* замыкают цепь ламп блока *E1* кодирования вопросов и ввода ответов и некоторые из ламп загораются. Затем нажимают на кнопку *S2 «Сброс»*. На триггеры счетчика импульсов блока оценки *D3* и на триггер *D2* поступает положительное напряжение 10 В с блока питания *G3*. Правые по схеме транзисторы триггеров блока *D3* открываются, и он устанавливается в исходное состояние. Транзистор *V11* триггера *D2* закрывается, реле *K1* отпускает якорь. При этом контакты *K1.2* размыкаются и лампы гаснут, а контакты *K1.1* замыкаются и на триггеры *D1* и *D2* вновь поступают импульсы с генератора *G1*. Однако на этот раз транзистор *V11* остается закрытым, поскольку амплитуда импульсов на базе этого транзистора оказывается намного меньшей, чем необходимо для его открывания, из-за шунтирующего действия эмиттериого перехода транзистора *V5*. В этом состоянии экзаменатор готов к введению кода вопросов билета и ответов на них.

Блок *E1* кодирования вопросов и ввода ответов состоит из переключателей *S4—S6* кодирования вопросов, *S7—S11* — ввода ответов, ламп *H3—H17* индикации правильности ответов и конденсаторов *C17—C21*. Переключателями *S7—S11* конденсаторы могут включаться параллельно. Коммутация блока такова, что правильным ответам на все пять вопросов соответствует параллельное соединение всех конденсаторов.

Конденсаторы *C17—C21* включены во времязадающую цепь ждущего мультивибратора *G2*. В исходном состоянии транзистор *V8* мультивибратора закрыт, а *V9* — открыт. Поэтому отрицательные импульсы с резистора *R4* через диод *V7* и транзистор *V9* замыкаются на общий провод и на вход счетчика импульсов блока оценки *D3* не проходят.

По окончании ввода ответов, т. е. установки экзаменующимся переключателей *S7—S11* в соответствующие положения, нажимают на кнопку *S1 «Пуск»*. Первый же импульс с генератора *G1*, поступивший через резистор *R6* на базу транзистора *V4* триггера *D1*, открывает этот транзистор, и последующие импульсы будут через диод *V3* и открытый транзистор *V4* замыкаться на общий про-

вод. Таким образом, на вход ждущего мультивибратора *G2* (через цепь *V6R13C6*) поступит только один импульс, независимо от положения контактов кнопки *S1*.

Этот импульс переводит ждущий мультивибратор во второе — неустойчивое — состояние, при котором транзистор *V8* открывается, а *V9* закрывается. Теперь импульсы с генератора *G1* проходят на вход блока оценки *D3*. Время, в течение которого закрыт транзистор *V9*, зависит от суммарной емкости включенных конденсаторов блока *E1*. Иными словами, число импульсов, прошедших на вход блока *D3*, пропорционально числу правильных ответов на вопросы билета. Далее ждущий мультивибратор снова переходит в устойчивое состояние, когда транзистор *V9* открыт, и дальнейшее прохождение импульсов генератора на вход блока *D3* прекращается.

Блок *D3* состоит из счетчика импульсов на трех счетных транзисторных триггерах (*V34, V35*), электронных ключей (*V28, V29, V31—V33*) и газоразрядного цифрового индикатора (*H1*). Электронные ключи собраны по схеме, соответствующей принципу «чет-нечет». Дешифратор блока — диодно-резистивный (*V30, R36, R37, R41*). Цифровой индикатор высвечивает цифру, т. е. оценку знаний экзаменуемого, соответствующую числу импульсов, поступивших на вход блока.

При отпускании кнопки *S1* вновь открываются транзисторы *V5* и *V11*, срабатывает реле *K1*, размыкаются контакты *K1.1* и замыкаются *K1.2*. Теперь никакие повторные нажатия на кнопку *S1* не изменят состояния устройства. На панели прибора загораются лампы, указывающие положения переключателей *S7—S11*, соответствующие правильным ответам. После нажатия на кнопку *S2* «*Сброс*» экзаменатор готов к проверке знаний очередного учащегося.

Коммутация блока *E1* выполнена так, что первые два вопроса шифруются одним переключателем *S4*, третий вопрос — переключателем *S5*, а два последних — переключателем *S6*. Для шифровки вопросов билета удобно пользоваться специально составленной таблицей, которая должна храниться у преподавателя. Один из возможных вариантов такой таблицы представлен ниже.

Переключатель	Положение	Вопросы				
		I	II	III	IV	V
S4	1	1	1			
	2	1	2			
	3	1	3			
	4	2	1			
	5	2	2			
	6	2	3			
	7	3	1			
	8	3	2			
	9	3	3			
S5	1			1		
	2			2		
	3			3		
	4			1		
	5			2		
	6			3		
	7			1		
	8			2		
	9			3		
S6	1				1	1
	2				1	2
	3				1	3
	4				2	1
	5				2	2
	6				2	3
	7				3	1
	8				3	2
	9				3	3

Предположим, что порядок правильных ответов на вопросы какой-либо карты установлен следующий: на *I* вопрос — *2* (т. е. правильный ответ — второй из трех), на *II* — *3*, на *III* — *2*, на *IV* — *1* и на *V* — *3*. Такой комбинации соответствует для переключателя *S4* положение *6* (см. таблицу), для *S5* — одно из трех: *2, 5* или *8* и для *S6* — *3*. Таким образом, шифр вопросов этой карты может быть одним из трех: *623, 653* или *683*. Для получения оценки *«отлично»* переключатели ввода ответа *S7* — *S11* должны быть установлены в положения *2, 3, 2, 1* и *3* соответственно. При этом все пять конденсаторов *C17*—*C21* будут включены параллельно и число импульсов, прошедших на вход блока *D3*, будет максимальным.

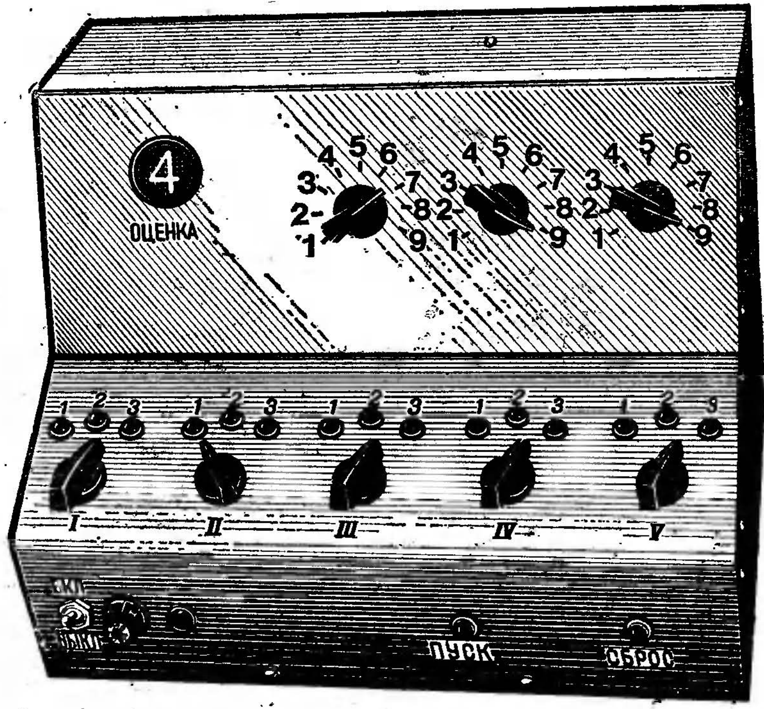


Рис. 2. Общий вид экзаменатора

Другими словами, шифром правильного ответа на этот билет будет *23213*.

Шифр указывают на каждой карте. В экзаменатор шифр вводит (устанавливает переключатели *S4—S6* в соответствующие положения) либо преподаватель, либо сам экзаменующийся. Половина секций переключателей *S4—S6* служит для коммутации ламп, указывающих правильные ответы.

В режиме *«Повторение»*, когда прибор должен в нужный момент подсказать правильные ответы, кодирование вопросов и ввод ответов производят при выключенном сетевом выключателе. Правильность ответа проверяют включением экзаменатора в сеть по загоревшимся лампам. В случае неверного ответа на какой-либо вопрос вращением ручки соответствующего переключа-

теля находят положение, при котором загорается лампа данной группы.

Блок питания экзаменатора содержит два стабилизатора на напряжения 23 и 10 В и выпрямитель для питания цифрового индикатора. Все лампы накаливания в приборе питаются от одной обмотки трансформатора *T2*.

Прибор смонтирован в металлическом корпусе. Органы управления расположены спереди. Вид прибора показан на рис. 2. Трансформатор *T2* собран на магнитопроводе сечением 4 $см^2$. Обмотки содержат: *I* — 2640 витков провода ПЭВ-1 0,12, *II* — 300 витков провода ПЭВ-1 0,29, *III* — 120 витков провода ПЭВ-1 0,29, *IV* — 1800 витков провода ПЭВ-1 0,12 и *V* — 240 витков провода ПЭВ-1 0,59.

Трансформатор *T1* намотан на кольце с наружным диаметром 20 мм из феррита 1000НМ. Обмотка *I* содержит 150, а *II* — 100 витков провода ПЭВ-1 0,12.

Переключатели *S4—S11* в приборе можно использовать галетные на 11 и 5 положений соответственно. Реле *K1* — РЭС-22, паспорт РФ4.500.131. Лампы *H2—H17* — КМ-3.

Налаживание прибора начинают с регулировки стабилизаторов блока питания. Далее налаживают блокинг-генератор *G1*. Если генерация отсутствует, следует поменять местами выводы одной из обмоток трансформатора *T1*. Подборкой резистора *R1* устанавливают частоту генерации 500 Гц. Диод *V3* желательно подобрать с минимальным прямым сопротивлением. Конденсаторы *C17—C21* подбирают так, чтобы добавление в параллельную цепь каждого конденсатора увеличивало число импульсов, поступающих на вход блока оценки, на единицу. Для этого, если потребуется, изменяют частоту следования импульсов блокинг-генератора.

ЭЛЕКТРОННЫЕ МУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

ДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ МНОГОГОЛОСНОГО ЭМИ

А. Маргулис, Ю. Парыгин

Анализ схемотехнических решений делителей частоты многоголосного ЭМИ, описанных в последние годы в журнале «Радио», позволяет сделать вывод, что при проектировании делителя частоты разработчику приходится искать решение, удовлетворяющее двум во многом противоречивым требованиям — точности сетки частот, соответствующих равномерно темперированному музыкальному строю, и уменьшению аппаратурных затрат, а значит, габаритов устройства, потребляемой мощности, стоимости и т. п. Первое заставляет увеличивать частоту задающего генератора (построенного нередко на кварцевом резонаторе) вместе с коэффициентами деления счетчиков. Второе приводит к необходимости снижать коэффициенты деления, чтобы уменьшить число триггеров в линейке делителя.

Описанный ниже делитель частоты предназначен для работы в составе высококачественного клавишного электронного музыкального инструмента в качестве синтезатора частот. В основу работы положен принцип деления частоты одного задающего генератора $f_{зг}$ до получения двенадцати звуковых частот, соответствующих пятой октаве. Задача может быть решена путем получения импульсов каждой частоты на отдельном счетчике с соответствующим коэффициентом пересчета. Однако при удачном выборе коэффициентов пересчета возможно объединение счетчиков с равными коэффициентами. Для этого необходимо, чтобы коэффициенты пересчета были разложимы на простые множители при равенстве отдельных множителей. Такое построение делителя позволяет заметно снизить аппаратурные затраты.

Технические характеристики

Диапазон частот, Гц:	
от *до* субконтроктавы	16,35
до *си* четвертой октавы	3951,064
Относительная погрешность частоты, %	+0,15787...—0,15083
Выходное напряжение, В, не менее	2,4
Напряжение питания, В	5±0,25
Потребляемый ток, А, не более	2,1

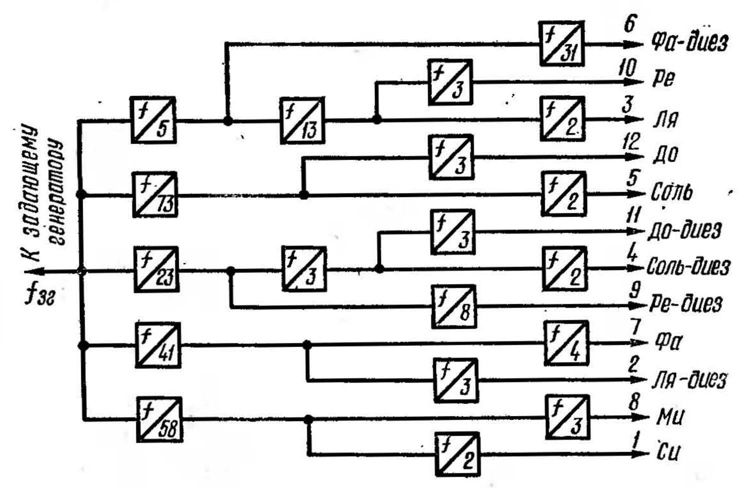


Рис. 1. Функциональная схема делителя частоты

Значения частоты, соответствующие соседним нотам, связаны соотношением $F_1 = \mu \cdot F_2$, где $\mu = \sqrt[12]{2} \approx \approx 1{,}0594633$. При общем задающем генераторе аналогичное соотношение связывает и необходимые коэффициенты деления счетчиков $K_2 = \mu \cdot K_1$. Поскольку $K_1F_1 = K_2F_2 = = \ldots K_{12}F_{12} = f_{зг}$, погрешность (в процентах) частоты полностью переходит в погрешность коэффициента деления

$$\eta = \frac{(K_i - \Sigma K_i)}{K_i \cdot 100\%}.$$

ЭМИ I класса, выпускаемые промышленностью, имеют точность сетки частот не выше 0,3%, поскольку на слух такое отклонение уже не обнаруживается. Таким образом, задача сводилась к нахождению коэффициентов деления, для которых $\eta_i \leqslant 0{,}3\%$. Путем переборки возможных вариантов был найден ряд коэффициентов деления, относительная погрешность которых по абсолютной величине не превышает 0,16% и которые к тому же допускают разбиение их на простые сомножители. На основе этого набора коэффициентов (они представлены в таблице) составлена функциональная схема делителя частоты (рис. 1), представляющая собой разветвляющуюся структуру и обеспечивающая заметную экономию микросхем.

Коэффициент	Округленно	Погрешность	Сомножители	Нота
116	116	0	2×58	*Си*
122,8977	123	0,08	3×41	*Ля-диез*
130,2055	130	0,15787	2×5×13	*Ля*
137,9479	138	0,03772	2×3×23	*Соль-диез*
146,1507	146	0,10316	2×73	*Соль*
154,8413	155	0,10247	5×31	*Фа-диез*
164,0486	164	0,02966	2×2×41	*Фа*
173,8034	174	0,11307	3×58	*Ми*
184,1383	184	0,07513	2×2×2×23	*Ре-диез*
195,0877	195	0,04498	3×5×13	*Ре*
206,6882	207	0,15083	3×3×23	*До-диез*
218,9782	219	0,00979	3×73	*До*

Частота задающего генератора для работы с описываемым делителем равна 916647 Гц. Однако, очевидно, и для частоты задающего генератора можно составить подобный ряд, где ее значения будут связаны описанными выше соотношениями. В этом случае можно из такого ряда подобрать наиболее подходящее значение частоты генератора, а несоответствие частоты ноты на выходе делителя устранить коммутацией в клавиатуре ЭМИ. При желании задающий генератор можно выполнить и перестраиваемым, что даст возможность подстройки ЭМИ при сохранении точности музыкального строя.

Рис. 2. Схема делителя частоты на 5 и 13

Схема делителя частоты на 5 и 13 показана на рис. 2. Импульсы задающего генератора поступают на вход *С2* счетчика *D1*, с вывода *11* которого снимаются импульсы частотой следования *f/5*. В соответствии со схемой рис. 1 это напряжение подают на входы делителей на 13 и 31. Так как на входы установки в состояния 0 и 9 счетчика *D1* подано напряжение логического 0, то есть возможность использовать свободный триггер этой микросхемы в делителе на 13. После при-

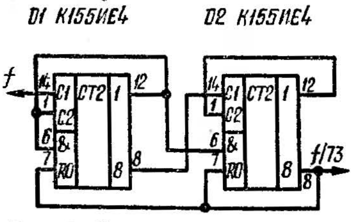


Рис. 3. Схема делителя частоты на 73

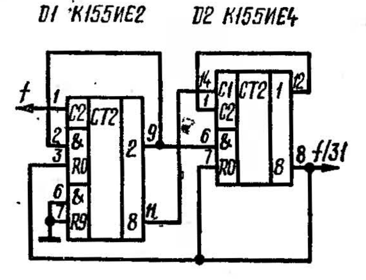


Рис. 4. Схема делителя частоты на 31

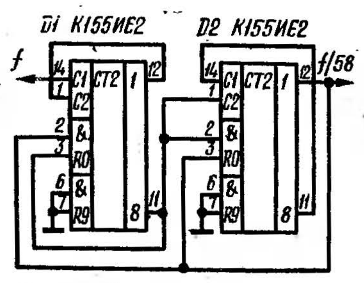


Рис. 5. Схема делителя частоты на 58

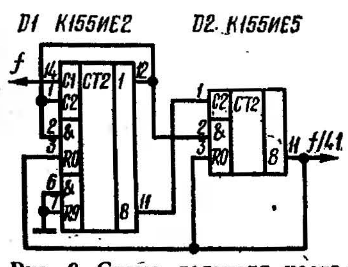


Рис. 6. Схема делителя частоты на 41

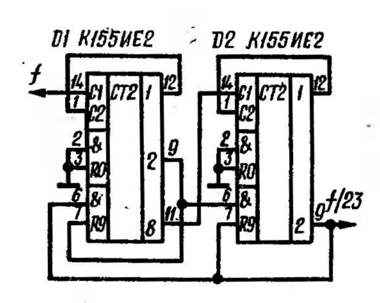


Рис. 7. Схема делителя частоты на 23

хода 13-го импульса на выводах *11* и *12* счетчика *D2* появляется напряжение 1, устанавливающее в состояние 0 триггеры микросхемы *D2*. Свободный триггер микросхемы *D1* в момент обнуления триггеров микросхемы *D2* находится в нулевом состоянии и не нарушает работу делителей.

На рис. 3 показана принципиальная схема делителя частоты на 73. Так как $73 = 6 \times 12 + 1$, то на выводе *12* счетчика *D1* и выводе *8* счетчика *D2* после прихода 73-го импульса появится сигнал 1, который установит в состояние 0 триггеры

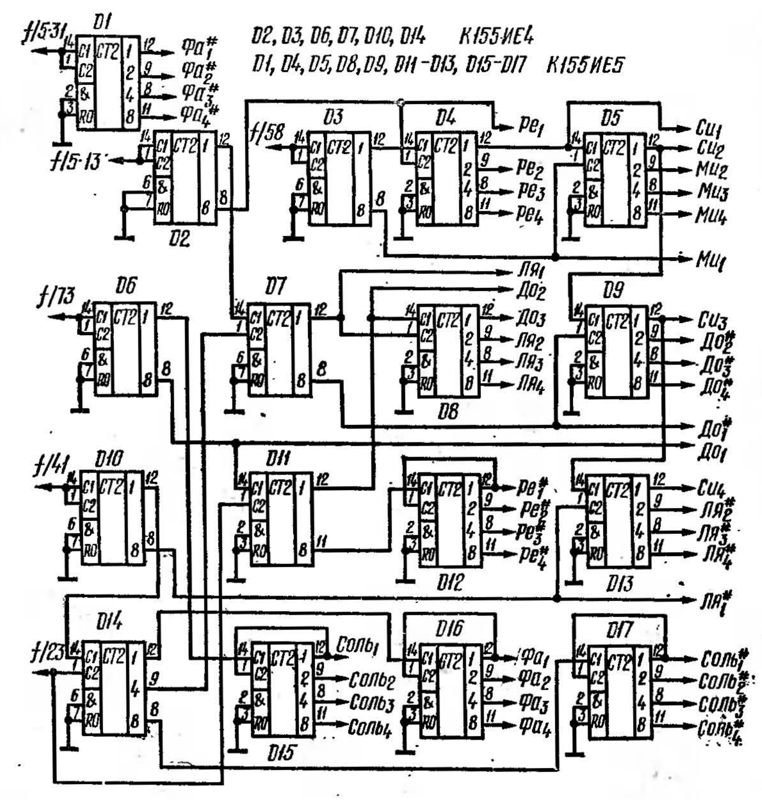


Рис. 8. Схема октавного делителя

обоих счетчиков. Аналогично описанному построены делители на 31 (рис. 4), на 58 (рис. 5) и на 41 (рис. 6).

Несколько иначе работает делитель на 23 (его схема изображена на рис. 7). После 22-го импульса на выводах *9* обоих счетчиков появится сигнал 1, который установит оба счетчика в состояние 1001. Очередной 23-й импульс обнулит триггеры счетчиков.

Из функциональной схемы (см. рис. 1) ясно, что дальнейшее деление до получения звуковых частот пятой октавы обеспечено делителями с коэффициентами пересчета, кратными 2 и 3. Делители на 3 собраны на счетчиках К155ИЕ4, импульсы поступают на вход *C2*. Один триггер в корпусе счетчика остается неподключен-

ным, причем входы установки его в состояние 0 «заземлены». Это позволяет использовать свободный триггер в делителе с четным коэффициентом. Кроме того, последний, четвертый, триггер в счетчике при отсутствии сигналов сброса делит частоту на 2, что дает возможность использовать его в октавном делителе.

Сформированные сигналы соответствуют частотам пятой октавы. Для получения сигналов низших октав требуется последовательное деление на 2 нужное число раз. Если использовать последний триггер счетчика К155ИЕ4 в октавном делителе, для последующего деления после К155ИЕ4 удобно применять группы из трех триггеров счетчика К155ИЕ5.

Схема октавного делителя частоты, построенная таким образом, представлена на рис. 8. Выходы делителей обозначены нотами и цифрами, соответствующими октаве. Для получения звуковых частот низших октав импульсы с выходов первой октавы подают на вход делителя на 16. В результате формируются все сигналы с частотами до субконтроктавы включительно.

В случае использования клавиатуры ЭМИ с диапазоном в 4 — 5 октав можно его расширить путем подключения дополнительного делителя к задающему генератору. Клавишу сдвига диапазона нужно вывести на панель управления ЭМИ, с тем чтобы иметь возможность оперативно переходить на 1, 2 или 3 октавы вниз по частоте.

Для питания описанного делителя частоты необходимо использовать источник с минимальным уровнем пульсаций, иначе выходные сигналы будут промодулированы частотой 50 или 100 Гц и звучание ЭМИ будет сопровождаться фоном низкой частоты.

Безошибочно собранный из исправных деталей делитель начинает работать сразу. При его монтаже следует предусмотреть установку фильтрующих конденсаторов емкостью 0,047...0,1 мкФ параллельно в цепь питания микросхем, по одному на каждые две микросхемы. Без этих конденсаторов не исключено взаимное влияние микросхем через цепи питания, которое может привести к срыву работы ЭМИ.

АВТОЛЮБИТЕЛЯМ

СТАБИЛИЗИРОВАННЫЙ БЛОК ЗАЖИГАНИЯ

А. Коробков

Описываемая ниже стабилизированная электронная система зажигания для автомобилей относится к классу конденсаторно-тиристорных устройств с накопительным трансформатором. В таких системах энергия искрообразования в каждом цикле работы сначала накапливается в трансформаторе, а затем передается на накопительный конденсатор. Конденсатор при этом заряжается до напряжения около 300 В. В момент размыкания контактов прерывателя заряд конденсатора передается на катушку зажигания, формирующую искру.

Особенностями системы являются хорошая защищенность ее от дребезга контактов прерывателя, относительная простота, повышенная надежность работы. Описываемое устройство имеет высокую стабильность напряжения искрообразования — ±4% при температуре окружающего воздуха в пределах —20...+70° С и напряжении аккумуляторной батареи 12±4 В.

Расчет параметров устройства определяется требованиями, обусловленными использованием конкретного двигателя. Эти параметры связаны со способностью ключа на транзисторах, включенного в первичной обмотке трансформатора, пропускать необходимый и достаточно большой ток и выдерживать импульсное напряжение, возникающее на первичной обмотке после его закрывания. При этом минимальное время между двумя искрами равно сумме двух периодов — накопления энергии в трансформаторе и передачи ее на конденсатор (с учетом КПД трансформатора $\eta_{тр} = 0{,}9$).

Наибольшее влияние на это время оказывает максимальное значение тока, поэтому в схеме должны использоваться транзисторы, допускающие большой ток с малым сопротивлением насыщения. Уменьшение суммарного сопротивления первичной обмотки трансформатора также способствует уменьшению этого времени.

Блок (рис. 1) включает следующие функциональные узлы: узел запуска с системой защиты от дребезга контактов прерывателя (резисторы *R1* — *R4*, конденсатор

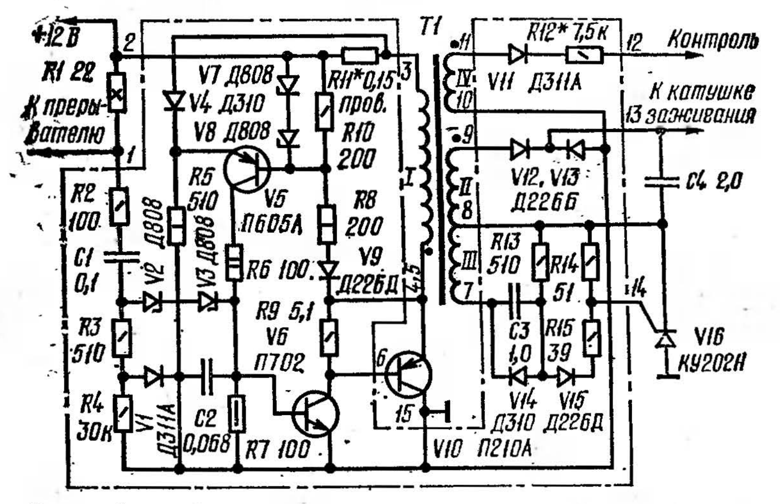


Рис. 1. Схема блока зажигания

C1 и диоды *V1—V3*), триггерно-ключевой узел, собранный на транзисторах *V5, V6, V10*, диодах *V4, V7 — V9* и трансформаторе *T1*, накопительно-коммутационный узел (*V12, V13, V16, C4*), узел управления тринистором (*V14, V15, C3, R13—R15*), тахометрический датчик (*V11, R12*).

Узел запуска предназначен для формирования одиночного импульса в момент размыкания контактов прерывателя автомобиля. Резистор *R1* выбран из условия обеспечения максимальной надежности работы и долговечности контактов. По современным представлениям оптимальный ток через контакты должен быть в пределах 0,25...1 А.

Как показывает практика, устойчивой работы системы электронного зажигания можно добиться лишь при наличии устройства защиты от дребезга контактов прерывателя. В обычной системе зажигания влияние дребезга контактов почти не проявляется из-за большой индуктивности катушки зажигания. В электронных системах дребезг, а также и другие помехи в бортовой сети автомобиля могут привести к сбоям в формировании искры.

Установлено, что дребезг контактов длится примерно 1 мс после их замыкания. В рассматриваемом блоке при размыкании контактов прерывателя конденсатор *C1* заряжается через резисторы *R1, R2*, стабилитроны

V2, V3 (в прямом включении) и эмиттерный переход транзистора *V6*. Транзистор открыт, что приводит к срабатыванию триггерно-ключевого устройства. После того как напряжение на нижней обкладке конденсатора *C1* станет меньше напряжения отсечки тока в цепи *V2—V3* — эмиттерный переход транзистора *V6* (около 1,8 В), конденсатор продолжает заряжаться до напряжения аккумуляторной батареи, но уже через цепь *R3 V1*. После замыкания контактов прерывателя конденсатор *C1* разряжается через резисторы *R2—R4* и контакты прерывателя. Постоянная времени цепи разрядки выбрана такой, чтобы за 1 мс напряжение на конденсаторе убывало не более чем на 4 В. Если за это время и произойдет размыкание (дребезг) контактов, амплитуда импульса на базе транзистора *V6* не превысит 0,5 В и триггерно-ключевое устройство не сработает. Конденсатор *C2*, устраняющий самовозбуждение блока на высокой частоте, также способствует защите от помех.

Триггерно-ключевое устройство подключает первичную обмотку трансформатора к источнику питания при появлении на входе запускающего импульса и отключает его, когда ток в обмотке достигнет определенного уровня. Он должен быть таким, чтобы в магнитопроводе трансформатора была накоплена необходимая энергия, которая в конечном счете определит энергию искры. Индуктивность первичной обмотки, а значит, и максимальное значение тока выбирают из условия, чтобы необходимая энергия успевала накапливаться в интервале между двумя смежными искрами при максимальной частоте искрообразования. Для максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя 600 мин$^{-1}$ это время равно 5 мс.

Энергию искры считают достаточной, если она находится в пределах 10...50 мДж. В описываемом блоке для более полного сгорания горючей смеси энергия искры выбрана равной приблизительно 90 мДж. Чтобы обеспечить накопление такой энергии за время менее 5 мс при напряжении питания блока 12 В, индуктивность первичной обмотки не должна превышать 5 мГн. В этом случае ток через обмотку к моменту выключения достигает 6,5 А (КПД катушки зажигания около 0,5).

Триггерно-ключевое устройство работает так. Когда на базу транзистора *V6* поступит запускающий импульс,

все транзисторы триггерно-ключевого устройства открываются. Через обмотку *I* трансформатора *T1* начнет протекать возрастающий по силе ток. Первоначально базовый ток транзистора *V5* достаточен для насыщения транзистора. Затем напряжение на резисторе *R11* увеличивается и транзистор *V5* начинает закрываться. При токе в обмотке *I*, равном 6,5 А, ток базы транзистора *V5* уменьшается настолько, что транзисторы *V5, V6, V10* выходят из насыщения и закрываются. Устройство возвращается в первоначальное состояние.

Диод *V4* играет важную роль. На нем формируется напряжение, надежно закрывающее транзистор *V5* при выключении триггерно-ключевого устройства, т. е. повышается устойчивость работы блока в условиях повышенной температуры. При изменении питающего напряжения происходит некоторое изменение напряжения на открытых диодах *V7, V8* из-за изменения тока через них. Диод *V4* совместно с эмиттерным переходом транзистора *V5* участвует в температурной компенсации напряжения на диодах *V7, V8*. Выбор высокочастотного транзистора П605А (*V5*) обусловлен его относительно большим сопротивлением коллекторного перехода, в результате изменение питающего напряжения слабее сказывается на коллекторном токе транзистора при его выходе из насыщения, т. е. повышается стабильность работы блока.

Амплитуда импульса на обмотке *I* трансформатора *T1* составляет 30 В, а напряжение на закрытых транзисторах *V6, V10* не превышает 45 В (даже если напряжение питания блока увеличивается до 15 В). Это гораздо меньше предельно допустимого напряжения примененных транзисторов.

Накопительно-коммутационный узел подключен к обмотке *II* трансформатора *T1*. Коэффициент ее трансформации по отношению к обмотке *I* равен 10, поэтому конденсатор *C4* заряжается до 300 В.

Импульс к узлу управления тринистором поступает с обмотки *III* трансформатора *T1*. Особенностью этого узла является введение диода *V14* и резистора *R13*. Дело в том, что для устойчивого управления тринистором при пониженном напряжении питания и низкой окружающей температуре конденсатор *C3* выбран сравнительно большой емкости (1 мкФ). Чтобы этот конден-

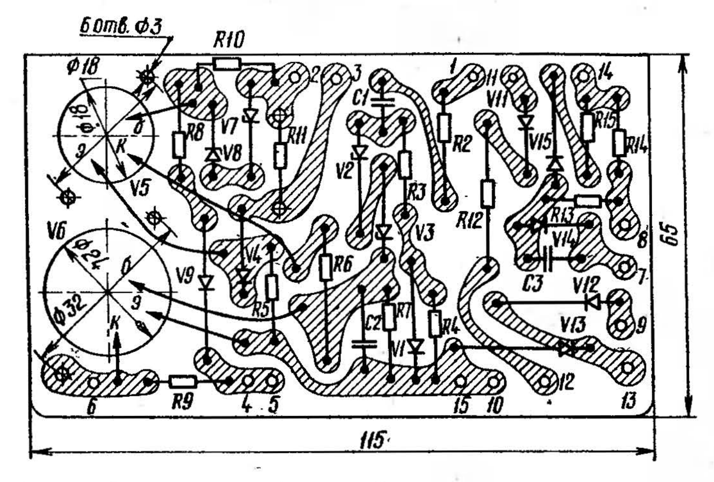


Рис. 2. Чертеж печатной платы блока зажигания

сатор успевал разрядиться за время около 1...1,5 мс, которое остается при максимальной частоте искрообразования, в узле использована принудительная разрядка конденсатора через резистор *R13* в процессе зарядки конденсатора *C4* от импульса с обмотки *III*. Диод *V14* защищает конденсатор *C3* от зарядки напряжением противоположной полярности. Такое решение позволило включить в цепь управляющего электрода тринистора резистор *R14* малого сопротивления, что повышает надежность работы блока в различных условиях эксплуатации.

Тахометрический датчик подключен к отдельной обмотке *IV* трансформатора. Точность измерения частоты искрообразования обусловлена стабильностью формы и амплитуды сигнала на обмотке. Показания тахометра отсчитывают по шкале магнитоэлектрического прибора, устанавливаемого на приборной панели автомобиля. Резистор *R12*, который определяет средний выпрямленный ток в цепи, выбирают исходя из тока полного отклонения стрелки применяемого измерительного прибора. Сопротивление этого резистора, указанное на схеме, соответствует току полного отклонения стрелки измерительного прибора тахометра 1 мА при максимальной частоте искрообразования 200 Гц.

Блок зажигания собран на дюралюминиевом основании толщиной 4 мм, служащим одновременно теплоотводом транзистора *V10* и тринистора *V16*. На основании установлены также трансформатор, конденсатор *C4*, резистор *R1*, укрепленный на отдельной планке, и печатная плата, на которой смонтированы остальные элементы. Плата изготовлена из фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм, чертеж платы показан на рис. 2. Во все отверстия в плате для монтажа элементов следует установить монтажные пистоны для повышения вибропрочности блока.

Транзисторы *V5* и *V6* размещены на плате и закреплены двумя винтами каждый. Рассеиваемая этими транзисторами мощность невелика, поскольку они работают в импульсном режиме с насыщением и крутыми фронтами при переключении. Трансформатор собран на магнитопроводе УШ 16 × 24 с зазором 0,3 мм. Обмотка *I* состоит из 75 витков провода ПЭВ-2 1,0; *II* — 750 витков провода ПЭВ-2 0,23; *III* — 110 витков провода ПЭВ-2 0,15 и *IV* — 90 витков провода ПЭВ-2 0,15. При изготовлении трансформатора обмотки *II* и *III* надежно изолируют от остальных двумя-тремя слоями лакоткани.

Резистор *R11* изготовляют из высокоомного провода сечением около 1 мм². Можно использовать провод, свитый из нескольких проводников. Резистор крепят к плате винтами с гайками и шайбами. Конденсатор *C4* работает в тяжелом режиме: 200 циклов зарядка-разрядка в секунду, причем он заряжается до напряжения около 300 В. В таких условиях могут надежно работать те конденсаторы, у которых на частоте 200 Гц предельно допустимое номинальное напряжение снижается только на 35% и по этому напряжению предусмотрен соответствующий запас. В блоке использован конденсатор МБГЧ-1 на номинальное напряжение 500 В.

Конденсатор *C1* должен быть стабильным, так как защита от дребезга рассчитана на определенную емкость. В данном случае выбран конденсатор КМ-6 группы Н50. Конденсатор *C2* может быть любым емкостью от 0,022 до 0,068 мкФ. Конденсатор *C3* — КМ-6-Н90 емкостью от 0,5 до 1 мкФ.

Диоды Д311А можно заменить любыми из серии Д9, а Д310 (в крайнем случае) — из серии Д7. Все используемые в блоке стабилнтроны могут быть любыми из

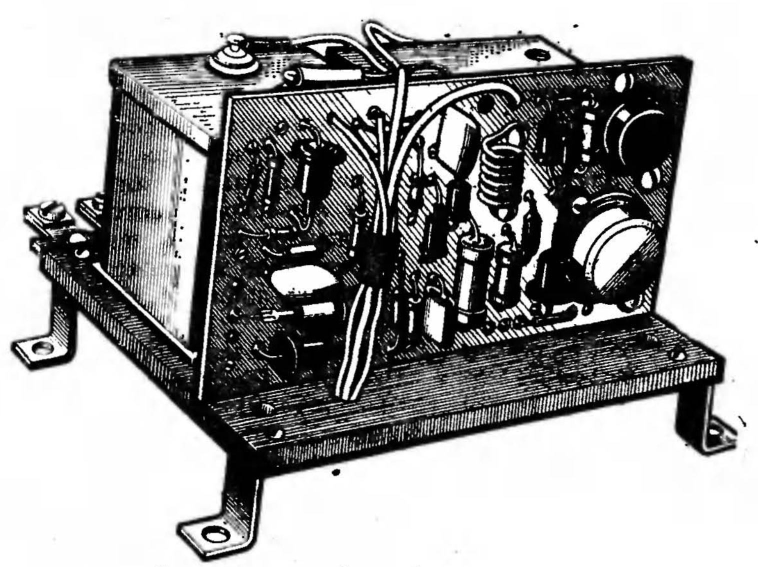


Рис. 3. Вид собранного блока без крышки

серий Д808...Д814. Транзистор П605А можно заменить на П605, П606, П606А; П702 — на КТ802А, КТ805А, КТ805Б, а П210А — на ГТ701А. Вид блока (без крышки) со стороны платы показан на рис. 3.

Смонтированную плату перед установкой в блок целесообразно проверить. Для этого вместо резистора *R11* включают реостатом переменный резистор сопротивлением около 500 Ом, а параллельно ему — вольтметр. Переменный резистор устанавливают в положение минимального сопротивления. Включают напряжение питания и кратковременно прикасаются проводником, соединенным с плюсовым проводом источника питания, к верхнему (по схеме) выводу резистора *R2*. При этом устройство должно переключиться, что можно определить, например, по изменению напряжения на коллекторе транзистора *V6*. Затем сопротивление переменного резистора плавно увеличивают и следят за падением напряжения на нем. Когда оно достигнет примерно 1 В, устройство должно переключиться в исходное состояние. При сборке блока нужно следить за правильностью соединения выводов трансформатора, особенно обмотки

IV, так как иначе значительно возрастет погрешность тахометра.

Для налаживания блока вместо прерывателя автомобиля включают контакты поляризованного реле, а на обмотку реле подают через ограничительный резистор переменное напряжение 6,3 В частотой 50 Гц. Вместо катушки зажигания включают резистор ПЭВ-10 сопротивлением 5...15 Ом. Напряжение на конденсаторе *C4* контролируют вольтметром постоянного тока со шкалой на 300...400 В, соединяемого с конденсатором через последовательную цепочку диод-резистор. Диод можно использовать Д226Б, а резистор сопротивлением 150...300 Ом мощностью 0,25 Вт. Параллельно зажимам вольтметра включают конденсатор емкостью 0,1...0,5 мкФ на рабочее напряжение 400...500 В. Устанавливают необходимое напряжение 285...300 В подгонкой сопротивления резистора *R11*.

Целесообразно проверить время накопления энергии в трансформаторе (увеличение тока от нуля до максимального значения). Лучше всего это сделать с помощью осциллоскопа. Оно не должно превышать 3 мс для высокооборотных двигателей автомобилей «Жигули» и 4,5 мс для двигателей с максимальной частотой вращения коленчатого вала до 4500 мин$^{-1}$.

Если же осциллоскопа нет, то это время можно найти следующим образом: фиксируют показания вольтметра с подключенным к нему конденсатором (U_{max}, В) и отключенным ($U_{ср}$, В) и по формуле

$$t = \frac{20(U_{max} - U_{ср}) - 0{,}6U_{max}}{U_{max}}$$

вычисляют время (мс). Эта проверка позволяет проверить качество изготовления трансформатора и, что очень важно, правильность установки зазора магнитопровода.

В заключение подбирают резистор *R12* таким образом, чтобы стрелка тахометра установилась на отметку 1500 мин$^{-1}$ при частоте переключения 50 Гц.

Блок заключают в футляр размерами 120×85×80 мм. Выходные зажимы блока, изготовленные в виде латунных (или медных) планок с резьбовыми отверстиями, укреплены на той же планке, на которой смонтирован резистор *R1*.

Описанный блок перед установкой в автомобиль был испытан на работоспособность при воздействии повышенной и пониженной температур, а также при изменении питающего напряжения и показал хорошие результаты. Так, при нормальной температуре при напряжении питания 12 В напряжение на конденсаторе *С4* составляет 298 В, при 10 — 292, при 8 — 286 и при 6— 270 В. С понижением температуры до минус 20° С зарядное напряжение на конденсаторе *С4* снизилось на 6 В (при нормальном напряжении питания), а с повышением до плюс 70° С — повысилось на 3 В. Если считать, что в процессе эксплуатации напряжение аккумуляторной батареи будет изменяться в пределах 10...14 В, то нестабильность зарядного напряжения (а значит, и энергии искры) с учетом температурных влияний не превысит ±4%. Такая же ошибка в показаниях будет и у тахометра.

Почти семилетняя эксплуатация блоков на автомобилях ВАЗ-2101 и ЗАЗ-968, а также на автомобиле «Москвич-408» в течение 3 лет показала высокую надежность схемотехнического и конструктивного решения устройства.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО РЕГУЛЯТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

П. Алексеев

В сборнике «В помощь радиолюбителю» выпуск 53 в статье «Электронный регулятор напряжения» (с. 81—90) описаны несколько электронных регуляторов напряжения для автомобиля. В усилительно-исполнительном элементе всех этих устройств использован мощный германиевый транзистор П210А (*Т3*). Выбор именно этого транзистора был обусловлен отсутствием кремниевого аналога структуры *р—п—р*.

Тем не менее очевидно, что кремниевый транзистор здесь предпочтительнее, так как обеспечивает более надежную работу регулятора напряжения в условиях повышенной температуры. Поэтому была разработана схема регулятора, аналогичного по принципу работы и характеристикам устройству по схеме рис. 5 в упомяну-

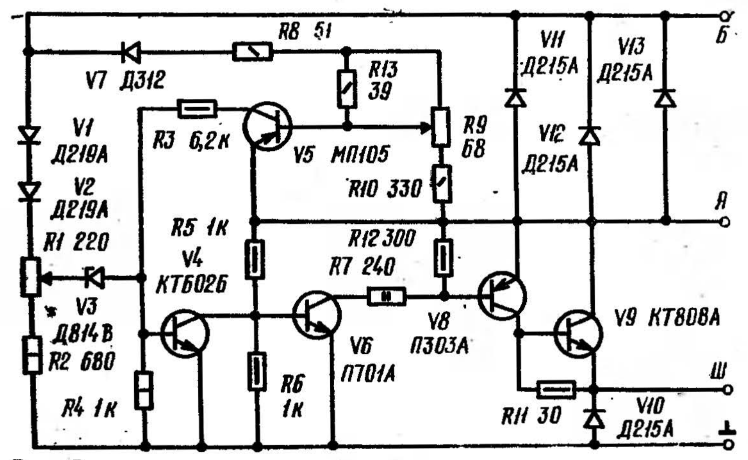


Рис. Схема регулятора напряжения

той выше статье, но с мощным кремниевым транзистором структуры *n—p—n*.

Регулятор (см. схему) имеет некоторые особенности, на которых целесообразно кратко остановиться. Использование кремниевого транзистора КТ808А (*V9*; можно также использовать и транзистор КТ803А) потребовало включения в устройство дополнительного транзистора *V8* (П303А; его можно заменить на П302 — П304, П306, П306А со статическим коэффициентом передачи тока не менее 15), повышающего к тому же чувствительность устройства.

В измерительном элементе в делителе напряжения вместо резистора использована диодная цепь *V1, V2*, обеспечивающая температурную компенсацию стабилитрона *V3*. Этим изменением температурная нестабильность регулятора напряжения в целом сведена практически к нулю.

Незначительные изменения в базовой цепи транзистора *V5* по сравнению с исходным вариантом принципиально не изменили работы ограничителя максимального тока генератора, но улучшили плавность и повысили точность установки порога ограничения.

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

ПОСТРОЕНИЕ ДВУПОЛЯРНЫХ СТАБИЛИЗАТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ НА ОУ

В. Крылов

Операционные усилители (ОУ) находят все более широкое применение в самых различных узлах радиолюбительской аппаратуры, в том числе и в стабилизированных блоках питания. ОУ позволяют резко повысить качественные показатели стабилизаторов и их эксплуатационную надежность. Об использовании ОУ в стабилизаторах можно прочитать в журнале «Радио» (1975, № 12, с. 51, 52 и 1980, № 3, с. 33—35). В помещенной ниже статье описано построение двуполярных стабилизаторов на ОУ.

Проще всего двуполярный стабилизатор напряжения может быть получен из двух одинаковых однополярных, как показано на рис. 1.

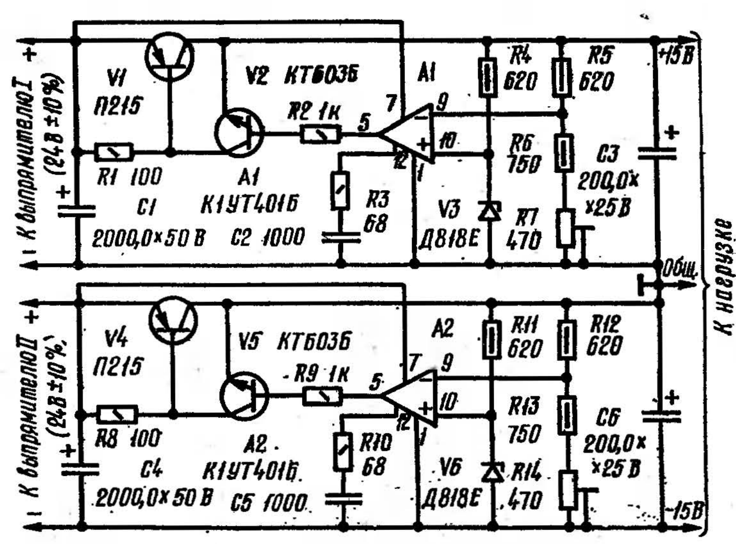


Рис. 1. Схема стабилизатора, построенного из двух одинаковых однополярных

Этот двуполярный стабилизатор может обеспечить по каждому из плеч питание нагрузки током до 0,5 А. Коэффициент стабилизации при изменении входного напряжения на ±10% равен 4000. При изменении сопротивления нагрузки от нуля до максимума выходное напряжение стабилизатора изменяется не более чем на 0,001 %, т. е. его выходное сопротивление не превышает 0,3 МОм. Пульсации выходного напряжения частотой 100 Гц при максимальном токе нагрузки — не более 1 мВ (двойное амплитудное значение).

Достоинство такого способа построения двуполярного стабилизатора очевидно — возможность применения однотипных элементов для обоих плеч. Недостаток же заключается в том, что источники входного переменного напряжения в этом случае не должны иметь общей точки, иными словами необходимы две изолированные одна от другой вторичные обмотки на сетевом трансформаторе, два отдельных выпрямителя и четырехпроводное соединение стабилизатора с выпрямителями.

Для того чтобы сократить число соединительных проводов до трех, необходимо регулирующий элемент (транзисторы *V4, V5*) нижнего по схеме плеча стабилизатора перенести из его плюсового в минусовой провод (верхний канал остается без изменения). Сделать это можно, применив транзисторы другой структуры: *n—p—n* для транзистора *V4* и *p—n—p* для *V5* (рис. 2, *а*). Выходное напряжение операционного усилителя *А2* при этом будет иметь отрицательную полярность относительно общего провода. По параметрам этот стабилизатор практически не отличается от описанного выше.

Заметим, что при указанном перенесении регулирующего элемента можно ограничиться заменой только одного из транзисторов, а именно *V5*, если включить регулирующий элемент по схеме составного транзистора (рис. 2, *б*) — при этом мощные регулирующие транзисторы в обоих плечах стабилизатора (*V1* и *V4* по рис. 2, *а*) остаются одинаковыми. Коэффициент стабилизации при таком видоизменении регулирующего элемента практически остается прежним (около 4000), но выходное сопротивление нижнего плеча может увеличиться, так как при переходе к составному регулирующему транзистору теряется преимущество, свойственное сочетанию в регулирующем элементе двух транзисторов разной структуры (подробнее об этом см. в «Радио», 1975, № 12, с. 51). При экспериментальной проверке рас-

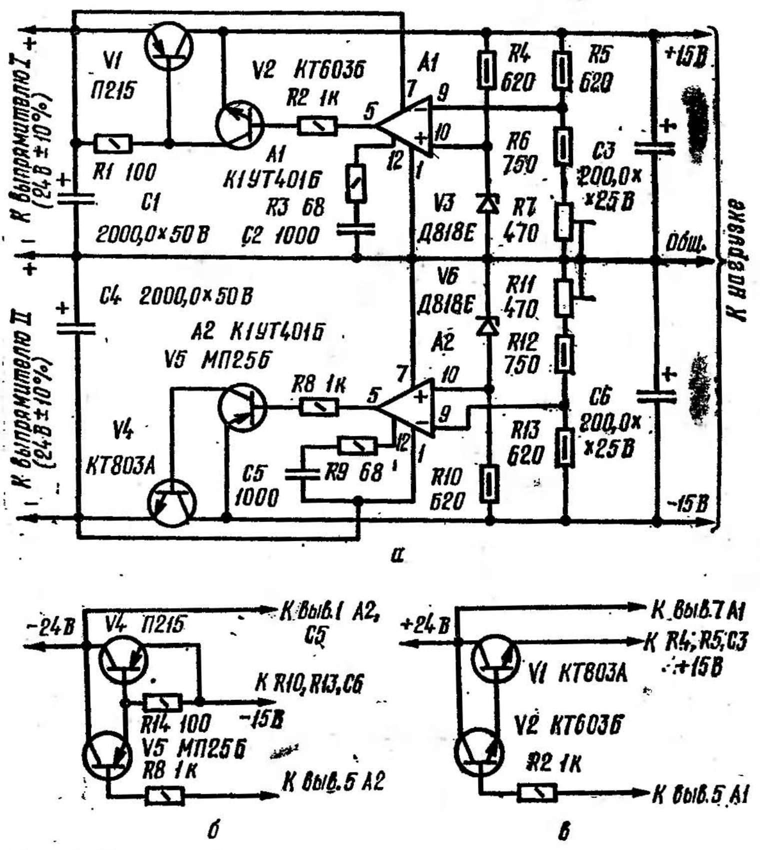


Рис. 2. Схема стабилизатора с питаинем от одного выпрямителя

сматриваемых стабилизаторов было зафиксировано, например, увеличение выходного сопротивления в три раза.

Мощные регулирующие транзисторы одного типа в обоих плечах двуполярного стабилизатора могут быть применены и в том случае, если по схеме составного транзистора включить регулирующий элемент верхнего по схеме плеча стабилизатора (рис. 2, *в*), оставив в другом стабилизаторе транзисторы разной структуры.

В рассмотренных стабилизаторах ОУ питаются непосредственно входным однополярным напряжением, но

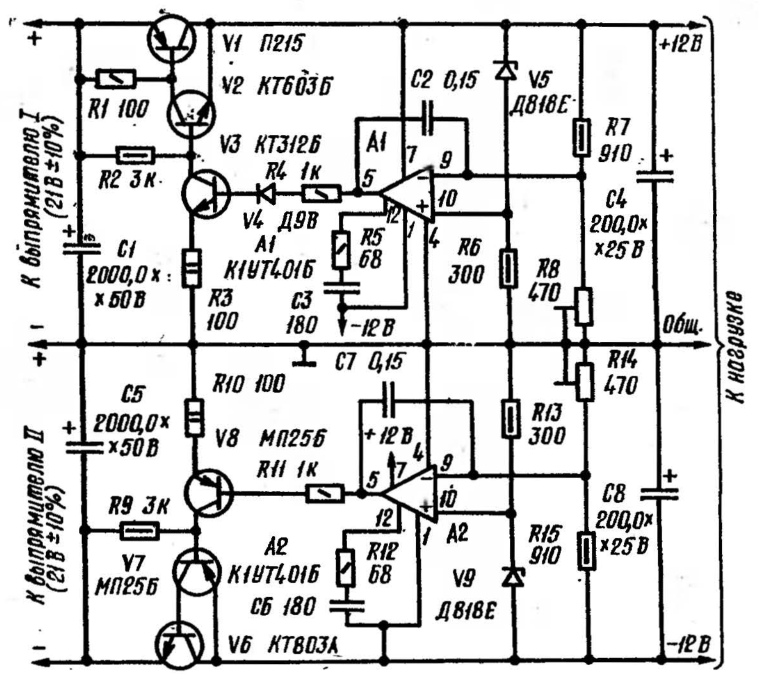


Рис. 3. Схема стабилизатора с питанием ОУ от выходного напряжения

это возможно только в тех случаях, когда входное напряжение примерно равно номинальному напряжению питания ОУ. Если первое из названных напряжений превышает второе, то питать ОУ можно, например, от простейших параметрических стабилизаторов, ограничивающих входное напряжение на необходимом уровне. В том случае, когда напряжение питания каждого из плеч стабилизатора оказывается значительно меньше необходимого для питания ОУ, следует перейти к его питанию двуполярным напряжением. В двуполярных стабилизаторах это реализуется сравнительно просто.

На рис. 3 показана схема стабилизатора, выходное двуполярное напряжение которого равно напряжению питания ОУ, что позволило питать их непосредственно с выхода стабилизатора. Транзисторы *V3* и *V8* обеспечивают усиление выходного напряжения ОУ до необходимого уровня. Диод *V4* защищает эмиттерный переход

транзистора *V3* от обратного напряжения, которое может появляться на выходе ОУ (при его двуполярном питании), например, при переходных процессах. В том случае, когда наибольшее допустимое обратное напряжение между эмиттером и базой транзистора превышает напряжение питания ОУ, применение такого диода является излишним. Именно поэтому в базовой цепи транзистора *V8* диод отсутствует.

Место включения источников образцового напряжения (стабилитронов *V5* и *V9*) по сравнению с рассмотренным ранее стабилизатором (см. рис. 2, *а*) здесь изменено для того, чтобы сохранить отрицательный характер обратной связи при наличии дополнительных усилителей на транзисторах *V3* и *V8*. Обратная связь была бы отрицательной и в том случае, если каждый из стабилитронов *V5* и *V9* включить между инвертирующим входом соответствующего ОУ и общим проводом стабилизатора, но в рассматриваемом случае такое включение недопустимо, так как при этом будет превышено предельное синфазное напряжение, которое для ОУ К1УТ401Б (новое наименование К140УД1Б) равно ±6 В.

При питании ОУ выходным напряжением следует обращать особое внимание на надежность запуска стабилизатора. В рассматриваемом случае такой запуск обеспечивается тем, что сразу после подачи входного напряжения через нагрузочные резисторы *R2* и *R9* протекают базовые токи траизисторов *V2* и *V7* соответственно. Регулирующие элементы плеч стабилизатора при этом открываются, выходные напряжения увеличиваются, вводя устройство в рабочий режим.

Экспериментальная проверка этого стабилизатора дала следующие результаты: коэффициент стабилизации при изменении входного напряжения на ±10% превышает 10 000, выходное сопротивление равно 3 МОм.

Все рассмотренные выше двуполярные стабилизаторы напряжения представляют собой сочетание двух объединенных общим проводом однополярных стабилизаторов, выходные напряжения которых устанавливают независимо одно от другого. При таком построении двуполярного стабилизатора трудно обеспечить равенство напряжений его плеч как при налаживании стабилизатора, так и в условиях его эксплуатации. В ряде случаев, например в преобразователях «код-напряжение»,

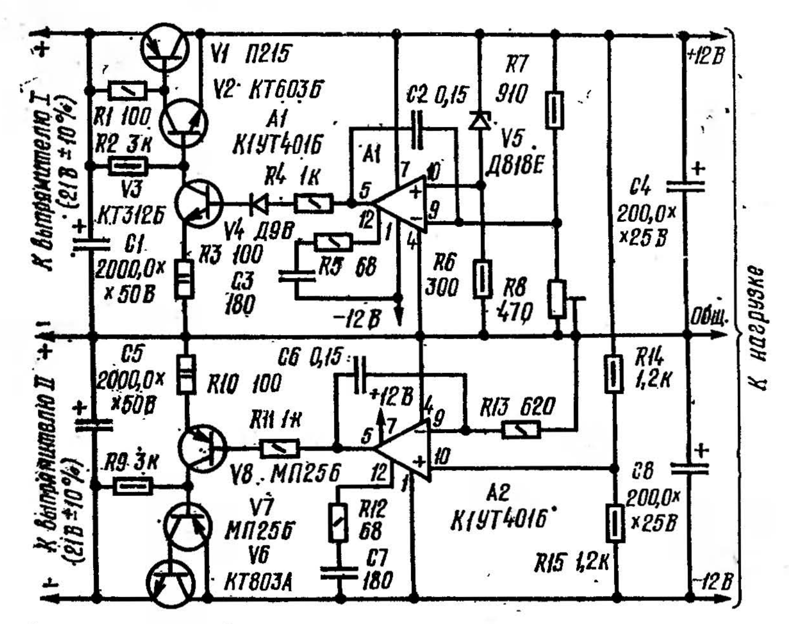


Рис. 4. Схема стабилизатора с симметричным выходным напряжением

к двуполярному стабилизатору предъявляются весьма высокие требования в отношении симметричности его выходного напряжения относительно общего провода. Выполнение таких требований сравнительно просто обеспечивается в стабилизаторе, схема которого показана на рис. 4.

Здесь верхнее по схеме плечо ничем не отличается от верхнего плеча предыдущего стабилизатора (см. рис. 3). Нижнее же плечо построено иначе. В нем инвертирующий вход ОУ соединен с общим проводом, и, следовательно, напряжение на этом входе равно нулю. Так как дифференциальное входное напряжение ОУ незначительно (доли или единицы милливольт), то и напряжение на неинвертирующем входе будет равно нулю. Но этот вход ОУ подключен к средней точке делителя напряжения *R14R15*, включенного между крайними выводами стабилизатора. Благодаря этому абсолютная величина напряжения $U_{вых.н}$ на выходе нижнего плеча стабилизатора будет определяться следующим выражением:

$$|U_{\text{вых.н}}| = U_{\text{вых.в}} \frac{R_{15}}{R_{14}},$$

где $U_{\text{вых.н}}$ — напряжение верхнего плеча.

При равенстве сопротивлений резисторов *R14* и *R15* выходное напряжение нижнего плеча автоматически устанавливается равным напряжению верхнего, и устройство постоянно «следит» за его значением. Например, если мы с помощью подстроечного резистора *R8* увеличим напряжение $U_{\text{вых.в}}$, это приведет к увеличению напряжения на неинвертирующем входе ОУ *А2* и, следовательно, на его выходе. При этом транзистор *V8* начнет закрываться, и напряжение на регулирующем транзисторе *V6* уменьшится. Выходное напряжение нижнего плеча увеличится до такого уровня, при котором напряжение на неинвертирующем входе ОУ *А2* вновь станет равным нулю, т. е. до вновь установленного уровня $U_{\text{вых.в}}$.

Таким образом, в рассматриваемом двуполярном стабилизаторе напряжение на выходе обоих плеч устанавливается одним подстроечным резистором *R8*, а равенство абсолютных величин положительного и отрицательного выходных напряжений при *R14* = *R15* определяется лишь классом точности этих резисторов.

По своим качественным показателям стабилизатор не отличается от предыдущего.

ПРОСТОЙ МАЛОМОЩНЫЙ БЛОК ПИТАНИЯ

Е. Зайцев

Блок предназначен для питания портативных и карманных приемников от сети переменного тока напряжением 220 В. Он очень прост по схеме и конструкции и не содержит трансформатора. При выходном напряжении 9 В и токе нагрузки 50 мА блок питании потребляет от сети около 8 мА.

Сетевое напряжение, выпрямленное диодным мостом *V1* (рис. 1), заряжает конденсаторы *С1* и *С2*. Время зарядки конденсатора *С2* определено номиналами цепи *R1C2*. В первый момент после включения устройства тринистор *V2* закрыт, но при некотором напряжении на конденсаторе *С2* он откроется и подключит к этому конденсатору цепь *L1C3*. При этом от конденсатора *С2* будет заряжаться конденсатор *С3* большой емкости,

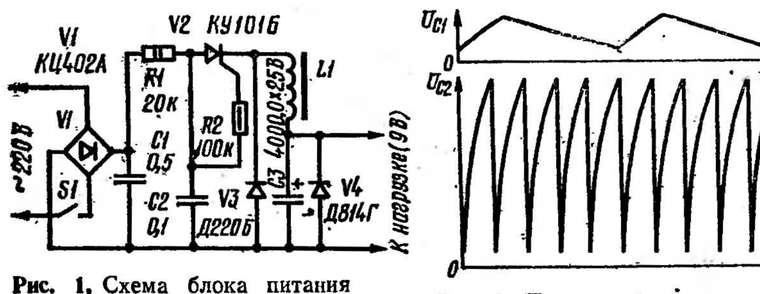


Рис. 1. Схема блока питания

Рис. 2. Примерный вид осциллограммы напряжения на конденсаторах *C1* и *C2*

Напряжение на конденсаторе *C2* будет уменьшаться, а на *C3* — увеличиваться.

Ток через дроссель *L3*, равный нулю в первый момент после открывания тринистора, постепенно увеличивается до тех пор, пока напряжения на конденсаторах *C2* и *C3* не уравняются. Как только это произойдет, тринистор *V2* закроется, но энергия, запасенная в дросселе *L1*, будет некоторое время поддерживать ток зарядки конденсатора *C3* через открывшийся диод *V3*. Далее диод *V3* закрывается и начинается относительно медленная разрядка конденсатора *C3* через нагрузку. Стабилитрон *V4* ограничивает сверху напряжение на нагрузке.

Как только закрывается тринистор *V2*, напряжение на конденсаторе *C2* снова начинает увеличиваться. В некоторый момент тринистор снова открывается, и начинается новый цикл работы устройства. Частота открывания тринистора в несколько раз превышает частоту пульсаций напряжения на конденсаторе *C1* и зависит от номиналов элементов цепи *R1C2* и параметров тринистора *V2*. На рис. 2 показан примерный вид осциллограмм напряжения на конденсаторах *C1* и *C2*.

Малые габариты блока позволяют его легко встроить в различные устройства.

В блоке использованы конденсаторы МБМ (*C1* и *C2*) на номинальное напряжение не менее 250 В и К50-6 (*C3*). Дроссель *L1* должен иметь индуктивность 1...2 мГи и сопротивление постоянному току не более 0,5 Ом. Он намотан на цилиндрическом каркасе диаметром 7 мм.

Ширина обмотки 10 мм, она состоит из пяти слоев провода ПЭВ-2 0,25, намотанного плотно, виток к витку. В осевое отверстие каркаса вставлен подстроечник СС28 × 12 из феррита М200НН-3. При экспериментальном опробовании блока было установлено, что индуктивность дросселя можно менять в широких пределах, не слишком ухудшая качество работы блока, а иногда и исключить его совсем. Поэтому окончательно параметры дросселя лучше всего подобрать опытным путем при том или ином виде нагрузки.

Нужно иметь в виду, что выходные зажимы блока гальванически связаны с сетью. Поэтому при работе следует соблюдать осторожность во избежание поражения электрическим током.

ЦВЕТОМУЗЫКА

СВЕТОДИНАМИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА К РАДИОПРИЕМНИКУ

Е. Пономаренко

Конструкция широко распространенной радиолы «Ригонда» позволяет после небольшой переделки разместить в ней несложную светодинамическую установку (СДУ). Разумеется, «Ригонда» — не единственный радиоаппарат, в который можно встроить СДУ. При желании экранно-оптическое устройство можно оформить и в отдельном корпусе, но все же во многих случаях наиболее удобной оказывается СДУ, конструктивно объединенная с радиоприемником. Такая комбинация способствует восприятию музыкальных программ. Использование относительно мощных источников света позволяет наблюдать на экране многокрасочную, непрерывно изменяющуюся светоцветовую картину.

Принципиальная схема устройства показана на рис. 1. Оно сравнительно несложно и не содержит дефицитных деталей. СДУ работает по известному принципу разделения частотного спектра НЧ сигнала на три участка. Каждому участку соответствует отдельный канал СДУ. Схемотехнически каналы совершенно идентичны, поэтому работа устройства рассмотрена на примере одного из них — канала НЧ.

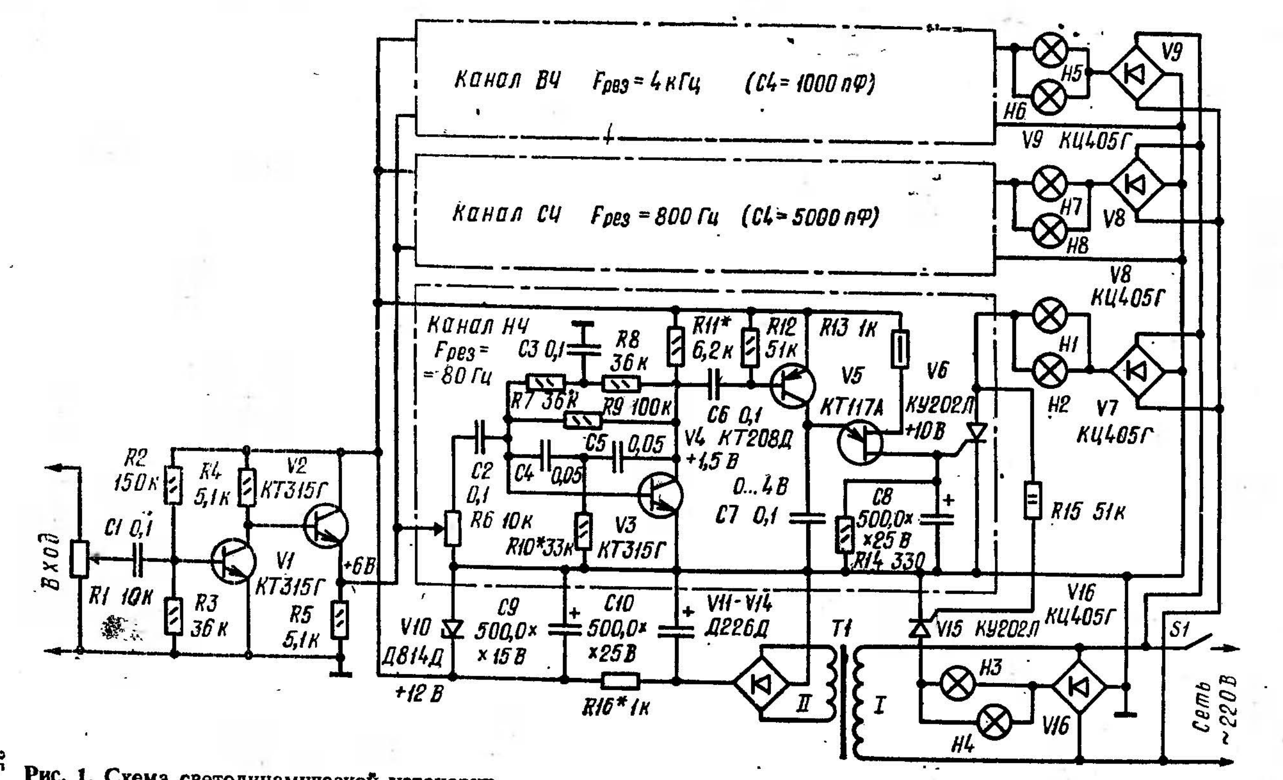


Рис. 1. Схема светодинамической установки

Входной сигнал с переменного резистора *R1*, являющегося общим регулятором яркости для всех каналов, поступает на вход предварительного усилителя НЧ, собранного на транзисторах *V1*, *V2*. Транзистор *V2* работает усилителем тока. С усилителя НЧ сигнал поступает на регуляторы яркости каналов (*R6*).

Для разделения полосы звуковых частот на каналы в СДУ применены активные *RC*-фильтры, имеющие более высокую избирательность по сравнению с пассивными, составленными только из резисторов и конденсаторов. В цепь базы транзистора *V3* вместе с входным сигналом, снимаемым с резистора *R6*, через двойной Т-мост поступает сигнал положительной обратной связи с коллектора этого транзистора. Таким образом, наибольшее усиление эта ступень обеспечивает на частоте $F_{рез}$, определяемой номиналами элементов Т-моста: $F_{рез} = 160\ 000/RC$, где *R* — сопротивление резисторов *R7* и *R8* в килоомах; *C* — емкость конденсаторов *C4* и *C5* в нанофарадах; емкость конденсатора *C3* вдвое больше, чем *C5*.

Рекомендуемые значения частоты $F_{рез}$ каналов и соответствующая им емкость конденсаторов фильтров указаны на схеме. При налаживании устройства точное значение резонансной частоты устанавливают подборкой резистора *R10*. Активный фильтр с двойным Т-мостом склонен к самовозбуждению на частоте, близкой к $F_{рез}$. Для повышения устойчивости фильтра мост шунтирован резистором *R9*.

Выделенное фильтром напряжение сигнала через разделительный конденсатор *C6* поступает на вход узла формирования импульсов управления тринистором. В этот узел входят транзисторы *V4* и *V5* и накопительный конденсатор *C7*. При отсутствии сигнала транзистор *V4* закрыт и напряжения на конденсаторе *C7* недостаточно для открывания однопереходного транзистора *V5*. При появлении сигнала транзистор *V4* открывается и конденсатор *C7* начинает заряжаться. В некоторый момент однопереходный транзистор *V5* открывается и через управляющий переход тринистора *V6* протекает импульс тока, открывающий тринистор. В результате этого через нагрузку — лампы *H1*, *H2* — начинает протекать пульсирующий ток, образующийся в результате выпрямления напряжения сети диодным мостом *V7*.

При увеличении напряжения сигнала на базе транзистора *V4* конденсатор *C7* заряжается быстрее и частота следования открывающих тринистор импульсов, а следовательно, и среднее значение напряжения на нагрузке увеличиваются — лампы начинают светиться ярче. При уменьшении напряжения сигнала зарядка конденсатора *C7* замедляется, частота следования открывающих импульсов уменьшается, в результате яркость ламп падает.

Канал паузной подсветки собран на тринисторе *V15*, нагрузкой которого служат лампы *H3, H4*. Управляющий электрод тринистора через резистор *R15* подключен к аноду тринистора *V6* канала НЧ. Когда открыт тринистор *V6* и горят лампы низкочастотного канала, тринистор *V15* закрыт и лампы канала паузной подсветки не светят. Как только сигнал в канале НЧ уменьшится до нуля, лампы этого канала погаснут, включатся лампы *H3, H4* фиолетового цвета. Это, во-первых, позволяет сдвигать световую картину на экране в область более светлых тонов в моменты, когда отсутствует сигнал в НЧ канале, и, во-вторых, обеспечить подсветку экрана в паузах. Так как в паузах все тринисторы, кроме *V15*, закрыты, горят только паузные фиолетовые лампы. Емкость конденсатора *C8* в канале СЧ следует уменьшить до 100 мкФ, а из канала ВЧ нужно изъять совсем (от емкости этого конденсатора зависит степень инерционности работы канала).

Электронный блок СДУ питается от параметрического стабилизатора *R16V10* напряжением 12 В, подключенного к вторичной понижающей обмотке *II* сетевого трансформатора *T1* через выпрямитель *V11 — V14*.

В установке можно использовать транзисторы КТ315 с любым буквенным индексом. При этом транзисторы *V3* во всех каналах должны иметь одинаковый статический коэффициент передачи тока базы. Транзисторы КТ208Д можно заменить на любые из серии КТ361. Тринисторы могут быть КУ202К—КУ202Н. Диодные сборки КЦ405Г можно заменить любыми из серий КЦ402—КЦ405 с буквенными индексами А—Г. В экранном устройстве СДУ применены криптоновые лампы накаливания мощностью 60 Вт на напряжение 220 В. Все детали размещены на печатной плате размерами 135×112 мм, выполненной из стеклотекстолита толщи-

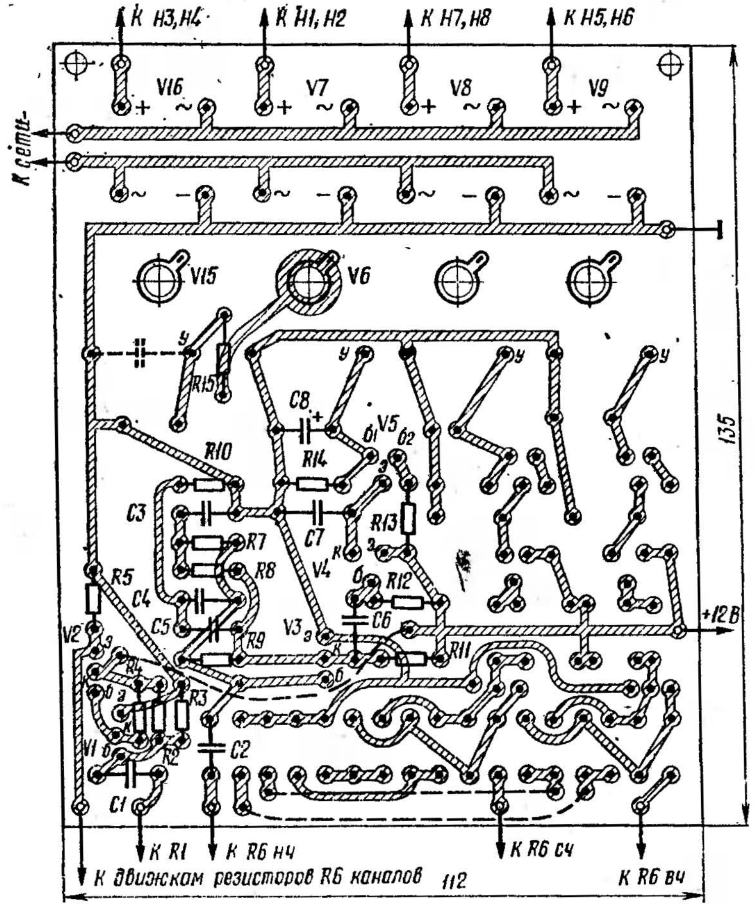


Рис. 2. Печатная плата установки

ной 1,5 мм. Чертеж печатной платы изображен на рис. 2.

Блок питания СДУ смонтирован в виде отдельного узла. В качестве сетевого применен выходной трансформатор от лампового радиоприемника II класса. Вторичная обмотка трансформатора перемотана с таким расчетом, чтобы переменное напряжение на ее выводах под нагрузкой было равно 12...14 В. Для этого поступают следующим образом. Подключают обмотку трансформатора с бóльшим числом витков к сети (она теперь будет

служить сетевой), измеряют напряжение на его вторичной обмотке. Затем трансформатор разбирают и сматывают вторичную обмотку. Если число ее витков неизвестно, их следует сосчитать. Требуемое число витков W_2 находят из выражения $W_2 = \frac{13W_1}{U}$, где U — измеренное переменное напряжение на вторичной обмотке, а W_1 — число витков вторичной обмотки до переделки. Новую обмотку следует наматывать проводом ПЭВ-2 диаметром 0,35...0,4 мм.

Блок питания СДУ размещают на шасси радиолы между блоками КСДВ-ПЧ и УНЧ. Печатную плату крепят к задней стенке шасси около блока УКВ. Ручки регулирования яркости и выключатель питания СДУ лучше всего вывести в отсек проигрывателя. Фронтальную панель с динамическими головками снимают и крепят ее к дну ящика радиолы головками внутрь, для чего в дне прорезают овальное отверстие, а на месте панели монтируют экран. Светорассеиватель состоит из двух параллельных листов стекла. Переднее стекло рифленое с мелкоячеистой структурой поверхности, а заднее — обыкновенное оконное. Промежуток между ними, равный 10...12 мм, заполнен осколками сталинита (закаленного автостекла).

На расстоянии 180 мм от светорассеивателя расположена панель с лампами светоизлучателя, прикрепленная шурупами к боковым стенкам ящика изнутри на деревянных брусках. Каждая из ламп светоизлучателя снабжена самодельным отражателем из листового дюралюминия толщиной 1 мм или жести. Развертка отражателя изображена на рис. 3. Центральное отверстие диаметром 25 мм нужно отформовать так, чтобы в него можно было ввернуть лампу. Эскиз общего вида излучателя со светофильтрами (без лампы) показан на рис. 4. Проводники припаивают прямо к торцевому выводу цоколя ламп. Такая конструкция наиболее проста, хотя смена ламп при этом затруднена. Однако срок службы ламп в СДУ значительно больше, чем в осветительных приборах. Светофильтры использованы стеклянные театральные. Размеры панели светоизлучателя и рекомендуемое расположение и число отражателей показаны на рис. 5. В нижней части панели сделаны два выреза шириной 135 мм под динамические головки.

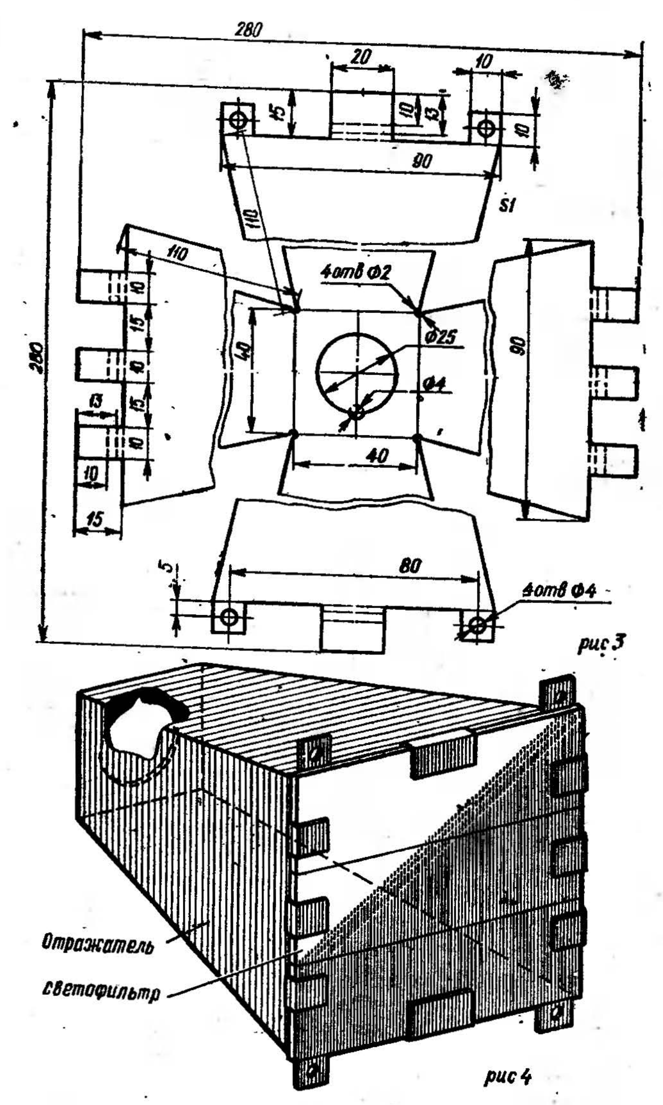


Рис. 3. Развертка отражателя

Рис. 4. Эскиз общего вида отражателя со светофильтрами

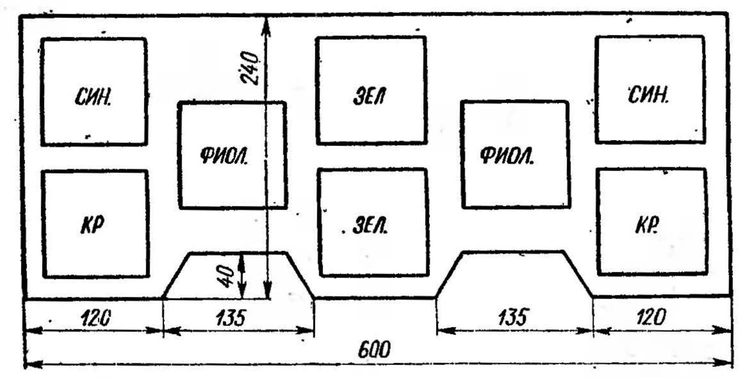


Рис. 5. Панель светоизлучателя и рекомендуемое расположение и число отражателей

При безошибочном монтаже и исправных деталях устройство начинает работать сразу. Сначала подгоняют резонансную частоту фильтра каждого канала подборкой резистора *R10*. Затем устанавливают одинаковый уровень напряжения звуковой частоты на выходе фильтров, подбирая резистор *R11*. Подборкой резистора *R15* добиваются четкого переключения ламп «красного» канала и канала паузы.

В заключение необходимо отметить, что все элементы СДУ находятся под напряжением сети. Это заставляет соблюдать особую осторожность при налаживании, ремонте и эксплуатации СДУ. Ручки управления должны быть хорошо изолированы, головки винтов, выходящих на внешнюю сторону всех панелей ящика приемника, следует закрыть изоляционными накладками. Чтобы СДУ была безопасной, необходимо питать ее через разделительный трансформатор мощностью не менее 500 Вт с хорошей изоляцией между обмотками.

ЦИФРОВАЯ ТЕХНИКА

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЦИФРОВЫЕ ШАХМАТНЫЕ ЧАСЫ НА МИКРОСХЕМАХ

А. Поливода, Ю. Негрий

Электронные цифровые шахматные часы предназначены для отсчета игрового времени партнеров в шахматных блицтурнирах. Время, затраченное на каждый ход, часы фиксируют с точностью до 1 с и высвечивают на табло с цифровыми индикаторами. Часы питаются от сети переменного тока напряжением 220 В и потреб-

ляют мощность не более 10 Вт. Они позволяют устанавливать длительность шахматной партии, равную 3, 4 или 5 мин. По истечении установленного времени на табло часов вспыхивает красная сигнальная лампа и звучит сигнал.

Конструктивно электронные шахматные часы выполнены в пластмассовом корпусе размерами 250×150×70 мм. Масса часов 1,6 кг. Общий вид часов представлен на рис. 1.

Описываемый вариант электронных шахматных часов с цифровой индикацией времени выполнен на интегральных микросхемах серий К217, К166 и К218. Не исключено использование в часах и микросхем серии К155, причем в этом случае можно добиться значительного упрощения схемы часов и их монтажа.

Функциональная схема шахматных часов изображена на рис. 2. Генератор *G1* временных импульсов вырабатывает прямоугольные импульсы положительной полярности с частотой следования 4 Гц, которые через ключевое устройство поступают на вход 1-го или 2-го счетных каналов (в зависимости от очередности хода партнеров).

Счетные каналы выполнены идентично и работают следующим образом. Делитель частоты *D1* с коэффициентом пересчета K_1, равным 4, преобразует импульсы генератора в секундные импульсы с частотой 1 Гц. Эти импульсы поступают на делитель частоты *D2* с коэффициентом пересчета $K_2 = 10$. Полученные в результате

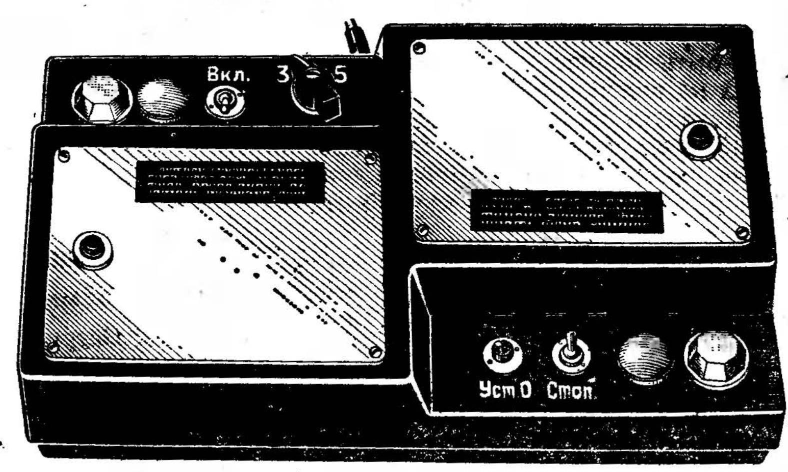


Рис. 1. Общий вид часов в сборе

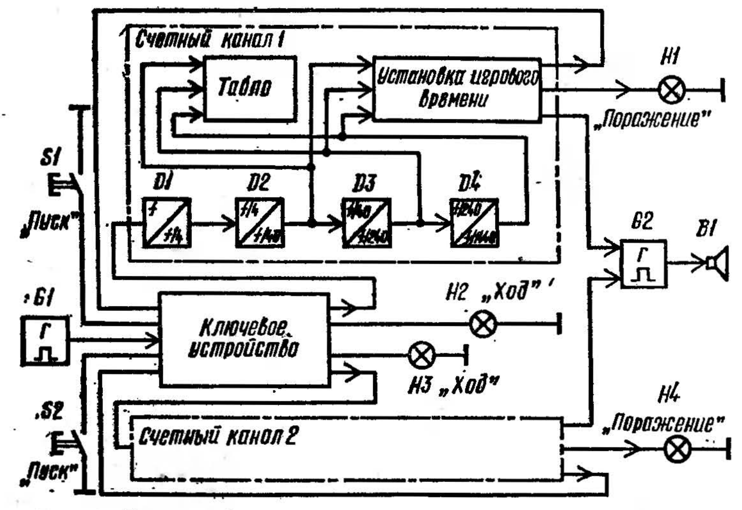


Рис. 2. Функциональная схема шахматных часов

деления импульсы подсчитывает счетчик *D3* десятков секунд с коэффициентом пересчета $K_3 = 6$. С его выхода минутные импульсы поступают на вход счетчика *D4* минутных импульсов, коэффициент пересчета K_4 которого также равен 6. Каждый счетчик связан с дешифратором. Сигналы с выходов дешифраторов управляют работой цифровых индикаторов табло и узлом установки игрового времени. По истечении игрового времени этот узел выдает сигнал на включение красной сигнальной лампы и генератора *G2* подачи звукового сигнала, одновременно блокируя ключевое устройство.

Схема шахматных часов представлена на рис. 3, 4 и 7. На рис. 4 изображена схема счетного канала, на рис. 7 — блока питания, а на рис. 3 — остальных узлов устройства. Генератор временных импульсов собран на микросхеме *A1* (рис. 3). Частоту устанавливают конденсаторами *C4* и *C6*. С выхода генератора (вывод *8* микросхемы *A1*) импульсы поступают на ключевое устройство.

В ключевом устройстве сигнал генератора коммутируется контактами *K5.1* и *K6.1* герконовых реле *K5* и *K6*. При нажатии одним из партнеров на кнопку *«Пуск»* — пусть это будет кнопка *S4* — включится реле *K4* и самоблокируется контактами *K4.1*. Одновременно

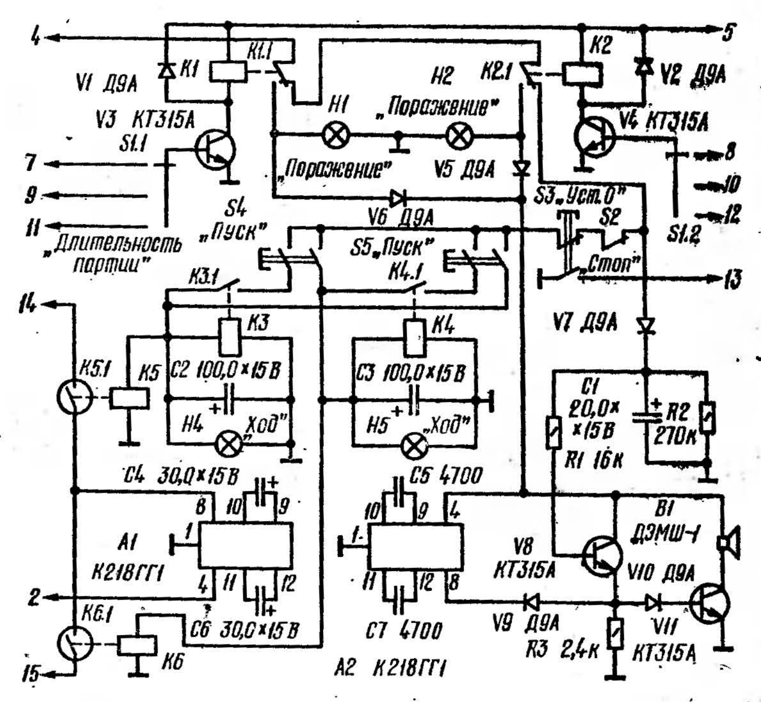


Рис. 3. Схема генератора временных импульсов, ключевого устройства, сигнализатора и системы световой сигнализации

с этим на герконовое реле *К6* и на зеленую сигнальную лампу *Н4* *«Ход»* подается напряжение от источника питания. Геркон *К6.1* замыкается, пропуская сигнал генератора временных импульсов на вход соответствующего счетного канала. Зеленая лампа *Н4* *«Ход»* сигнализирует о работе счетного канала одного из партнеров. По истечении заданного игрового времени у одного из партнеров на базу соответственно либо транзистора *V3*, либо *V4* поступает положительное напряжение от нужного счетного канала. Транзистор — для определенности пусть это будет транзистор *V4* — открывается и включает реле *К2*, через контакты *К2.1* которого включается красная сигнальная лампа *Н2* *«Поражение»*, сигнализирующая об окончании партии. Одновременно с включением лампы *Н2* через диод *V5* поступает напря-

жение питания на звуковой сигнализатор, и цепь питания ключевого устройства размыкается.

Сигнализатор представляет собой генератор колебаний звуковой частоты, собранный на микросхеме *A2*. Частота генерируемых колебаний выбрана равной 1000 Гц. При желании частоту можно изменить подборкой конденсаторов *C5* и *C7*.

Устройство на транзисторе *V8* служит для ограничения времени звучания сигнала. В исходном состоянии конденсатор *C1* заряжен, и через эмиттерный переход транзистора *V8* протекает ток, достаточный для поддержания этого транзистора открытым. Одновременно с подачей напряжения на генератор *A2* и транзисторы *V8* и *V9* размыкается цепь зарядки конденсатора *C1*. Постоянная времени цепи разрядки этого конденсатора выбрана равной 1,5...2 с.

Отрицательные импульсы звуковой частоты, вырабатываемые генератором, проходят усилитель мощности, собранный на транзисторе *V11*, только тогда, когда открыт транзистор *V8*. Это время, равное 1,5...2 с, и определит длительность звукового сигнала. Источником звука служит электромагнитный капсюль *B1*.

В ключевом устройстве предусмотрена возможность остановки хода часов с помощью переключателя *S2* *«Стоп»*. При размыкании его контактов разрывается цепь питания реле *K5*, *K6* и сигнальных ламп *«Ход»*. Нормально разомкнутые контакты *K5.1* и *K6.1* не пропускают сигналы с генератора временных импульсов на вход соответствующего счетного канала. Для продолжения работы часов необходимо вновь замкнуть контакты переключателя *«Стоп»* и нажать на одну из кнопок *S4* или *S5* *«Пуск»* (в зависимости от очередности хода партнеров).

Для подготовки часов к работе после окончания партии необходимо нажать на кнопку *S3* *«Уст. 0»*, контакты которой разрывают цепь питания реле *K3—K6* и замыкают цепь установки триггеров счетных каналов в исходное (нулевое) состояние. В результате этого на цифровых индикаторах табло высвечиваются нули, а зеленые лампы *«Ход»* гаснут.

На рис. 4. изображена схема одного из счетных каналов. Второй канал по схеме идентичен, номера его выходов показаны в скобках. Микросхемы *D8* и *D9*

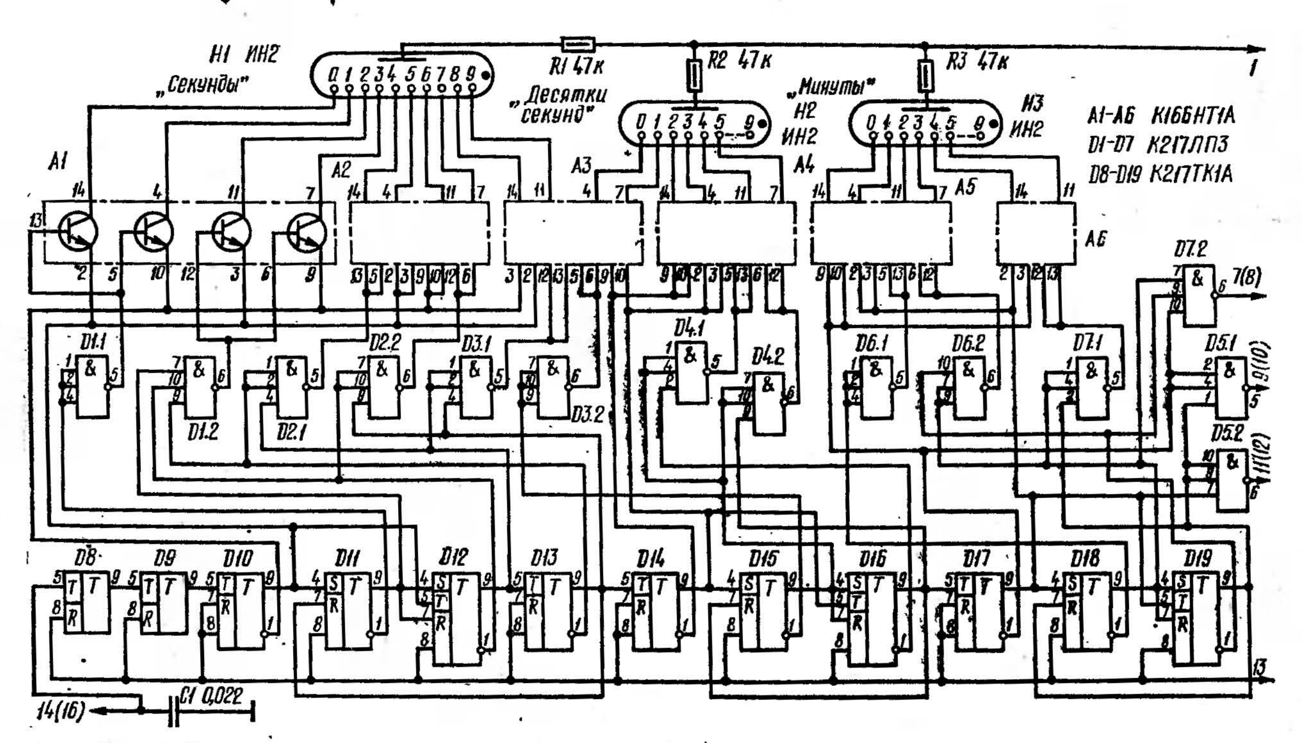


Рис. 4. Схема счетного канала

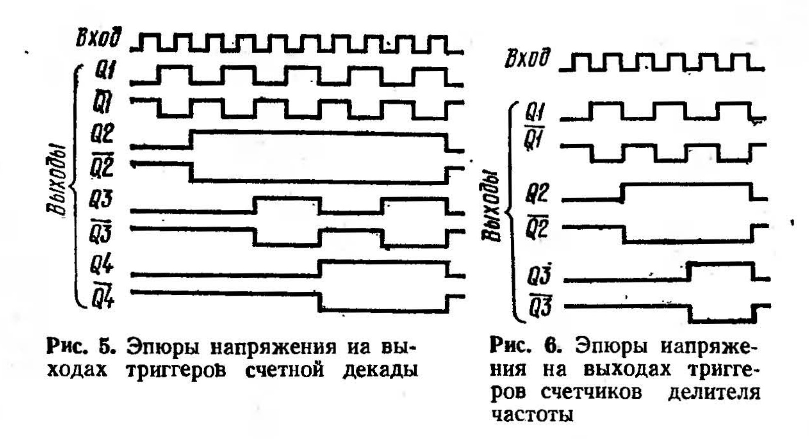


Рис. 5. Эпюры напряжения на выходах триггеров счетной декады

Рис. 6. Эпюры напряжения на выходах триггеров счетчиков делителя частоты

включены делителем частоты с коэффициентом пересчета $K_1=4$. Микросхемы *D10—D13* образуют счетную декаду. Эпюры напряжений на выходах Q и $\overline{Q}$, поясняющие работу триггеров, приведены на рис. 5 (Q и $\overline{Q}$ — соответственно прямой и инверсный выходы 1-го, 2-го и 3-го триггеров, входящих в состав счетчика). На микросхемах *D14—D16* собран делитель частоты с коэффициентом пересчета $K_3=6$. Аналогичный делитель частоты выполнен на микросхемах *D17—D19*. На рис. 6 приведены эпюры напряжений на выходах триггеров этих счетчиков.

На микросхемах *D5* и *D7.2* выполнен дешифратор устройства установки игрового времени (3, 4 или 5 мин), а на микросхемах *D1—D3.1* — дешифратор к декадному счетчику (он работает по принципу «чет-нечет»; при этом использовано разделение управления цифровыми индикаторами по эмиттерам ключевых транзисторов). Ключевые транзисторы — интегральные (использованы транзисторные сборки серии К166, допускающие напряжение между коллектором и эмиттером до 250 В). Транзисторные сборки можно заменить транзисторами КТ605Б. На микросхемах *D3.2, D4* выполнен дешифратор счетчика с коэффициентом пересчета $K_3=6$, аналогичный дешифратор выполнен на микросхемах *D6, D7.1*.

Конденсатор *C1* предназначен для повышения помехоустойчивости счетного канала. Резисторы *R1—R3*

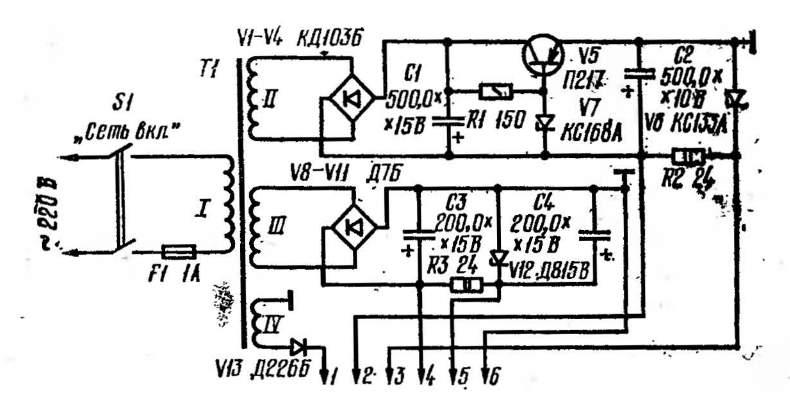


Рис. 7. Схема блока питания часов

ограничивают ток через индикаторную лампу в зажженном состоянии.

На рис. 7 изображена схема блока питания часов. Трансформатор *T1* выполнен на магнитопроводе Ш 16 × × 20. Обмотка *I* (сетевая) содержит 3000 витков провода ПЭВ-1 0,1; обмотки *II* и *III* — по 145 витков провода ПЭВ-1 0,47, а обмотка *IV* — 2500 витков провода ПЭВ-1 0,08. Транзистор *V5* установлен на радиаторе с полезной площадью не менее 10 см².

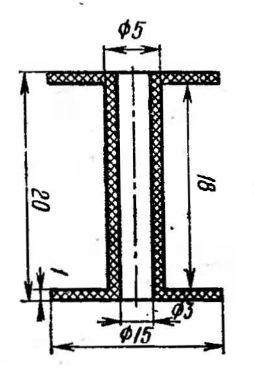


Рис. 8. Конструкция каркасов катушек герконовых реле

У каждой из микросхем *D8—D19* для работы в режиме триггера необходимо соединить вывод *1* с выводом *3* (на схеме не показано). Кроме этого, выводы *12* и *13* нужно соединить с общим проводом, вывод *6* — с положительным полюсом источника питания 6 В (вывод *2* блока питания), а вывод *10* — с положительным полюсом источника питания 3,3 В (вывод *3* блока питания). Свободные выводы этих микросхем следует соединить с выводом *2* блока питания через резисторы сопротивлением 1,1 кОм. У микросхем *D1 — D7* выводы

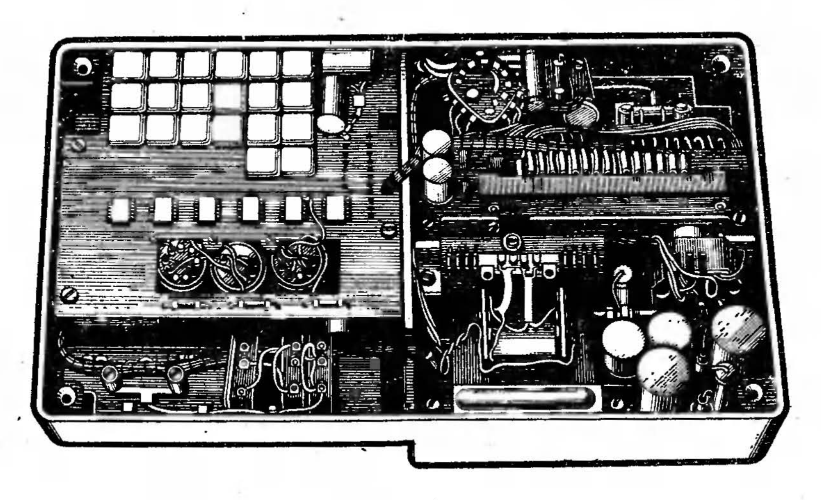


Рис. 9. Вид снизу на монтаж часов (дно снято)

11 и *12* соединяют с выводом *2* блока питания, а вывод *13* — с общим проводом.

В устройстве использованы реле РЭС-15 (*К1—К4*), паспорт РС4.591.003; сигнальные лампы *Н1-Н4* — НСМ9-60-2. Реле *К5* и *К6* — самодельные, изготовлены на базе герконов КЭМ-2А. Обмотки для них выполнены на каркасах из текстолита или картона проводом ПЭВ-1 0,8 до заполнения каркаса. Размеры каркаса изображены на рис. 8. Вместо самодельных герконовых реле можно использовать РЭС-55А, паспорт РС4.569.611П2. Вид снизу на монтаж часов (дно снято) показан на рис. 9.

В заключение необходимо отметить, что, как показала практика эксплуатации часов, наиболее ненадежный их элемент — кнопки КМ2-1 (*S4* и *S5*), которые за 5 лет интенсивной работы несколько раз выходили из строя. Более надежно работают кнопочные переключатели на основе герконов, например КПМ-8.

ЦИФРОВОЙ ТЕРМОМЕТР

Б. Бронштейн, М. Борбич

Предлагаемый вниманию читателей цифровой термометр измеряет и показывает в цифровом виде температуру от −50 до +60° С. Погрешность измерения определяется в основном шириной измерительного интервала, поэтому при необходимости измерять температуру в более широких пределах весь интервал следует разбить на несколько частей. Если от прибора не требуется высокой точности показаний, переключать прибор на соответствующий поддиапазон нет необходимости. Прибор может работать с несколькими датчиками, размещенными в различных местах. Прибор питается от сети переменного тока напряжением 220 В.

Структурная схема термометра показана на рис. 1. Импульсы ведущего генератора *ВГ* одновременно запускают два ждущих мультивибратора *ЖМ1* и *ЖМ2*. Во времязадающую цепь мультивибратора *ЖМ1* включен датчик температуры *ДТ*. В аналогичную цепь мультивибратора *ЖМ2* включен образцовый резистор *ОР*, которым устанавливают нуль шкалы прибора. Сигналы с выходов ждущих мультивибраторов поступают на дискриминатор длительности *ДД*, вырабатывающий импульс с длительностью, равной разности длительностей выходных импульсов обоих мультивибраторов. При наличии импульса с выхода дискриминатора электронный ключ *ЭК* пропускает на вход счетчика импульсов *СИ* сигнал тактовой частоты от образцового генератора *ОГ*.

После окончания импульса с выхода дискриминатора в счетчик будет записано в двоичном коде число, тем большее, чем более температура датчика отличается от нулевой. В начале каждого цикла счета счетчик обнуляется импульсом ведущего генератора *ВГ*. Сигнал со счетчика через дешифратор *ДШ* передается на индикатор

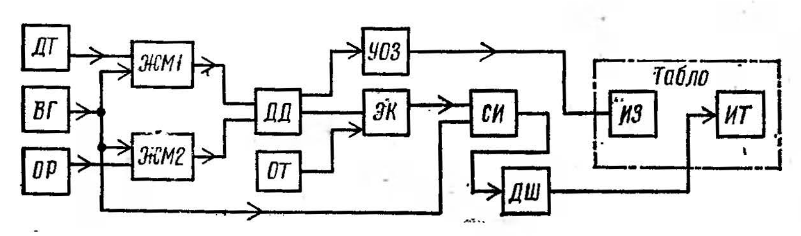


Рис. 1. Структурная схема термометра

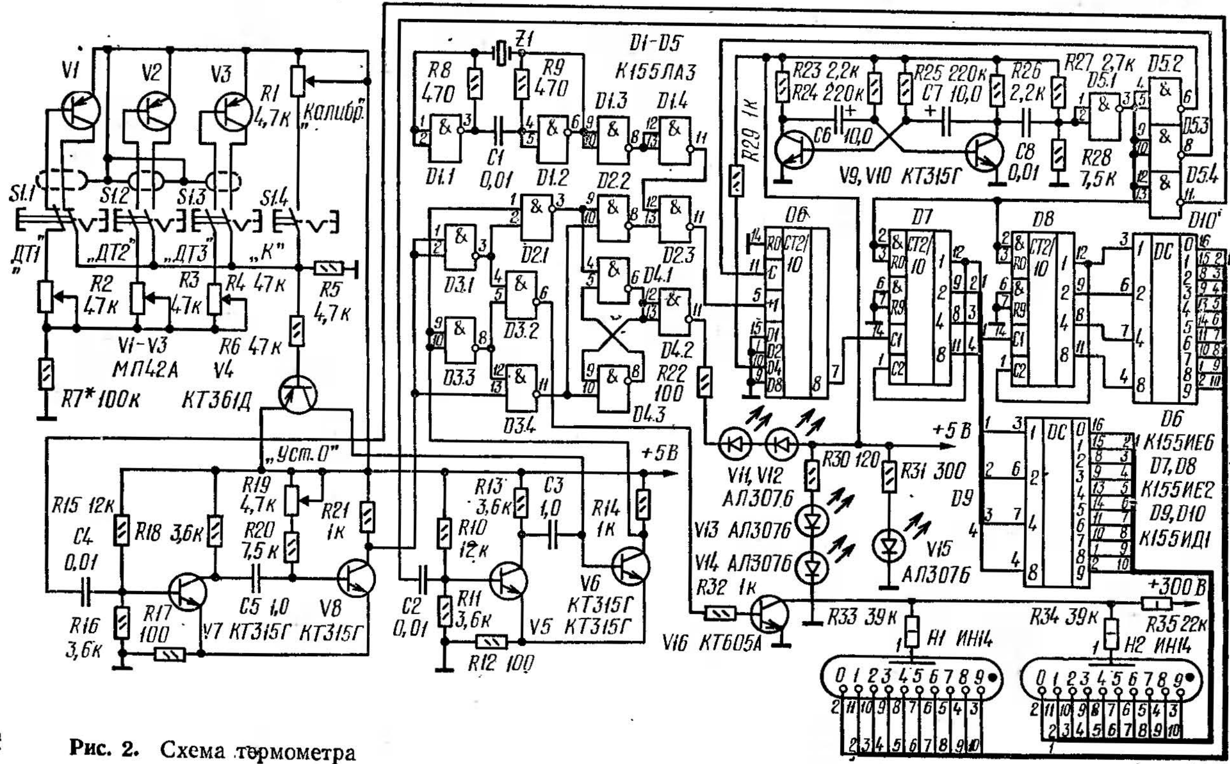


Рис. 2. Схема термометра

температуры *ИТ*. С дискриминатора *ДД* поступает также сигнал, позволяющий устройству определения знака *УОЗ* выявить, короче или длиннее импульс мультивибратора *ЖМ1* импульса мультивибратора *ЖМ2*. Эта информация определяет знак измеряемой температуры и поступает на индикатор знака *ИЗ*. Таким образом, термометр имеет «шкалу» с нулем посредине, причем положение нуля может быть легко изменено.

Принципиальная схема цифрового термометра представлена на рис. 2. Ждущие мультивибраторы собраны на транзисторах *V5*, *V6* и *V7*, *V8*. В исходном состоянии транзистор *V5* закрыт, а *V6* открыт. Как только на вход мультивибратора поступит положительный перепад напряжения, транзистор *V5* откроется, а *V6* закроется. Длительность выходного импульса определится времязадающей цепью, состоящей из конденсатора *C3* и сопротивления транзистора *V4*, в базовую цепь которого через резистор *R6* включен один из термодатчиков *V1—V3*. Времязадающая цепь второго мультивибратора состоит из конденсатора *C5* и резисторов *R19* и *R20*.

Ведущий генератор собран на транзисторах *V9* и *V10* по схеме симметричного мультивибратора. Выходные импульсы этого генератора после дифференцирования и формирования (элемент *D5.1*) управляют счетчиками и запускают ждущие мультивибраторы.

Элементы *D5.3* и *D5.4* служат для развязки сигналов, подаваемых на вход ждущих мультивибраторов. Без такой развязки возникнет повышенная погрешность термометра вблизи нуля градусов, когда длительность импульса обоих ждущих мультивибраторов почти одинакова и возвращение в исходное состояние одного мультивибратора может вызвать возвращение и второго. Для развязки служит и элемент *D5.2*.

На входы ждущих мультивибраторов поступают короткие отрицательные запускающие импульсы. Скважность этих импульсов близка к единице, что исключает возможность преждевременного переключения ждущих мультивибраторов в исходное состояние отрицательными перепадами напряжения.

Дискриминатор длительности выходных импульсов ждущих мультивибраторов выполнен на элементах *D2.1*, *D2.2*, *D3.1*, *D3.3* и *D3.4*. Работает он следующим образом. Если импульс мультивибратора *ЖМ1* короче импульса

ЖМ2 (т. е. температура ниже 0° С), то с момента окончания первого импульса до момента окончания второго на выходе элемента *D3.4* будет оставаться сигнал логического 0. Все остальное время на выходе этого элемента и элемента *D2.1* будет сигнал 1. Если же первый импульс длиннее второго (температура выше нуля), разность длительностей импульсов выделяется элементом *D2.1*. Присутствие уровня 0 на выходе элемента *D2.1* или *D3.4* определяет уровень 1 на выходе элемента *D2.2*, который управляет работой элемента *D2.3*, выполняющего функции электронного ключа (*ЭК* по рис. 1).

Триггер, выполненный на элементах *D4.1* и *D4.3*, после каждого цикла измерения остается в единичном состоянии, если уровень 0 был на выходе элемента *D2.1*, и в нулевом, если он присутствовал на выходе элемента *D3.4*. Таким образом, этот триггер выполняет функции устройства определения знака *УОЗ*. На индикационной панели (табло) термометра постоянно горят три светодиода *V13—V15*, размещенные один за другим по горизонтали и образующие знак «—». Если измеряемая температура окажется выше нуля, устройство *УОЗ* включает еще два светодиода *V11, V12*, установленные так, что они дополняют горящий знак «—» до знака «+».

Образцовый генератор выполнен на элементах микросхемы *D1*. Частота его стабилизирована кварцевым резонатором *Z1*. Число импульсов образцового генератора, пропущенных электронным ключом (элементом *D2.3*), делится на 10 делителем на счетчике *D6* и подсчитывается двоично-десятичным счетчиком градусов *V7, V8*. Счетчик *D6* предназначен для арифметического округления числа, записанного в счетчик градусов. При установке счетчика градусов в состояние 0 в счетчик *D6* записывается в двоичном коде число 4. Это достигнуто подачей на его установочный вход *D4* уровня логической 1. Тогда при изменении температуры, предположим от 6,6 до 7,5° С, термометр покажет 7° С. Без такого округления при изменении температуры от 6 до 6,9° С термометр показывал бы 6° С. Особенно заметно отсутствие арифметического округления вблизи нулевой температуры.

Если в округлении нет необходимости, счетчик *D6* можно исключить, уменьшив в 10 раз частоту образцового генератора. Так же следует поступить, если интер-

вал измеряемой температуры расположен по одну сторону от нулевой отметки, так как в этом случае округление легко получить, сдвигая резистором *R19* всю шкалу.

Состояние счетчика градусов преобразуется в десятичный код дешифратором на микросхемах *D9* и *D10*. Дешифратор управляет работой газоразрядных индикаторов *H1* и *H2*, расположенных на индикационной панели прибора.

Логический элемент *D3.2* и транзистор *V16* служат для шунтирования газоразрядных индикаторов на время от момента обнуления счетчиков до момента окончания цикла счета. Это устраняет на период счета помехи на табло, вызванные коммутацией высокого напряжения дешифраторами, а также позволяет исключить паразитную засветку индикаторов, вызываемую изменением состояний счетчиков в течение цикла.

Времязадающая цепь ждущего мультивибратора *ЖМ1* состоит из конденсатора *C3* и транзистора *V4*. Коллекторный ток этого транзистора определяется его током базы, который, в свою очередь, задан напряжением на коллекторе термочувствительного транзистора датчика температуры (*V1*, *V2* или *V3*). В качестве термометрического параметра использован ток коллектора термотранзистора при постоянном токе его базы. Такое включение позволяет получить прямопропорциональную зависимость длительности импульса ждущего мультивибратора от температуры, а высокая чувствительность термотранзистора в этом режиме дает возможность пренебречь температурной нестабильностью элементов ждущих мультивибраторов.

Выносные термодатчики можно коммутировать переключателем *S1*. Секция *S1.4* подключает вместо термодатчика калибровочный резистор. Терморезисторы укрепляют на изолирующих кронштейнах и соединяют с прибором двужильным экранированным проводом с надежной внешней изоляцией. Третьим проводом к датчику служит экранирующая оплетка.

Налаживание прибора начинают с проверки правильности монтажа. Убедиться в отсутствии ошибок в монтаже можно следующим образом. Включают режим *«Калибровка»* и наблюдают на экране осциллоскопа импульсы ждущих мультивибраторов. Задав перемен-

ными резисторами *R1* и *R19* некоторую разность длительностей импульсов, меньшую, чем необходимо для заполнения счетчиков образцовой частотой, получают произвольное показание счетчиков и соответствующий знак перед ним (+ или —). При уменьшении резисторами *R1* или *R19* длительности более продолжительного импульса показания счетчиков должны убывать, после достижения нулевого показания знак должен измениться на обратный, а показания счетчиков — увеличиться.

Далее следует подготовить два термостата, один с температурой 0° С, а второй — с произвольной, лучше всего равной граничной температуре измеряемого интервала. В крайнем случае можно воспользоваться двумя стеклянными банками с водой. Доливая горячую или холодную воду и перемешивая ее, легко получить нужную температуру, которая сохраняется тем дольше, чем больше емкость банок. При этом выводы термотранзисторов необходимо изолировать от воды, а наружную поверхность банок поддерживать сухой для исключения утечки с корпуса термотранзистора на «землю».

После этого подключают ко входу прибора один из термотранзисторов, предположим *V1*. Помещая его попеременно то в первый, то во второй термостаты и изменяя ток базы переменным резистором *R2*, добиваются разности в показаниях счетчика, равной истинной разности значений температуры в термостатах. Затем, поместив термотранзистор в термостат с температурой 0° С, переменным резистором *R19* устанавливают нулевое показание прибора. Точное положение «нуля» фиксируют по моменту смены знака на табло.

В заключение проверяют режим *«Калибровка»* и переменным резистором *R1* добиваются нулевого показания термометра. После этого «уход нуля» прибора в процессе эксплуатации можно будет устранить в режиме *«Калибровка»* переменным резистором *R19*.

Для калибровки второго термодатчика подключают его ко входу прибора переключателем *S1*, помещают в термостат и, изменяя базовый ток термотранзистора соответствующим переменным резистором, добиваются показания термометра, равного температуре в термостате. Так же калибруют и третий термодатчик. При применении однотипных термотранзисторов разброс их термометрических параметров незначителен.

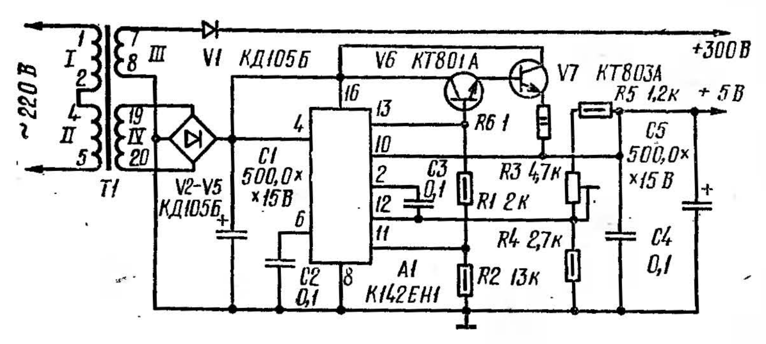


Рис. 3. Схема блока питания термометра

Чтобы избавиться от погрешности, обусловленной нелинейностью характеристики термодатчика, можно разбить шкалу термометра на поддиапазоны и ввести в прибор переключатель на два направления и на число положений, равное числу поддиапазонов. Далее необходимо ввести столько же переменных резисторов с номиналом 47 Ом (по одному на каждый поддиапазон) и включить их между общей точкой эмиттеров термотранзисторов и плюсовым выводом источника питания 5 В через контакты одного направления добавочного переключателя. Этими резисторами отрицательной обратной связи в усилительных ступенях, образованных термотранзисторами, можно изменять чувствительность термодатчиков, приближая крутизну их термометрических характеристик к крутизне характеристики преобразователя аналог-код термометра.

Кроме того, переменный резистор *R19* заменяется группой аналогичных ему резисторов (также по одному на поддиапазон), коммутируемых группой контактов второго направления переключателя. Изменяя сопротивление этих резисторов, можно сдвигать характеристику аналого-цифрового преобразователя параллельно самой себе, добиваясь более полного ее совпадения с характеристикой термодатчика в выбранном поддиапазоне.

Переход на какой-либо поддиапазон означает, что минимальная погрешность измерения будет обеспечена в тех его точках, которые были использованы для настройки. Это следует учесть при разбивке шкалы на поддиапазоны.

Методика налаживания термометра в поддиапазонах аналогична описанной выше. Калибруют только один термодатчик. Калибровку остальных достаточно произвести в одном из поддиапазонов.

Прибор питается от стабилизированного источника напряжением 5 В и источника постоянного тока напряжением 300 В. Схема блока питания изображена на рис. 3. Устанавливают точное значение стабилизированного выходного напряжения подстроечным резистором *R3*.

В качестве термодатчиков можно использовать любые маломощные германиевые транзисторы *p—n—p* структуры, отобранные по минимальному разбросу статического коэффициента передачи тока и обратного тока коллектора. Конденсаторы *C3* и *C5* времязадающих цепей ждущих мультивибраторов следует выбрать с минимальным ТКЕ. Рабочая частота кварцевого резонатора *Z1* при указанных на схеме номиналах деталей должна быть равна 300 кГц. В блоке питания использован унифицированный трансформатор ТАН22-127/220-50.

ЗВУКОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ

ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ ТРЕХПОЛОСНЫЙ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЬ

Ф. Буданков

Известно, что степень верности звуковоспроизведения в равной мере зависит от качества усилителя НЧ и громкоговорителя. Вниманию радиолюбителей предлагается высококачественный трехполосный громкоговоритель. Он рассчитан на работу с усилителем НЧ с мощностью канала 10...25 Вт и содержит динамические головки прямого излучения — низкочастотную 10ГД-30, среднечастотную 4ГД-8Е, высокочастотную 3ГД-31 и разделительный фильтр. Акустическое оформление низкочастотной головки выполнено по принципу фазоинвертора, что позволило расширить частотную полосу громкоговорителя в сторону низших частот и уменьшить искажения на этих частотах.

Основные технические характеристики

Мощность, Вт:	
номинальная	12
максимальная	25
Номинальное полное электрическое сопротивление, Ом	8
Номинальный интервал рабочих частот, Гц, при неравномерности частотной характеристики по звуковому давлению не более 12 дБ	35 ... 18 000
Среднее стандартное звуковое давление, Па	0,15
Частоты разделения фильтра, Гц:	
первая	500
вторая	5000
Крутизна спада характеристики фильтра за частотами раздела, дБ/октава	12
Габариты громкоговорителя, мм	440×280×263

Принципиальная схема громкоговорителя изображена на рис. 1. Катушки фильтра намотаны на каркасах из изоляционного материала. Каркасы катушек *L1L2* изготовлены из отрезков длиной 36 мм полиэтиленовой трубы диаметром 66 мм, к которым тремя винтами М3 прикреплены щечки из фанеры толщиной 4 мм. Катушки *L3L4* намотаны на картонных гильзах от элементов 373. Катушки *L1* и *L2* содержат по 230 витков провода ПЭВ-1 1,12, намотанных между щечками. Индуктивность катушек 3,1 мГн. Катушки *L3* и *L4* намотаны в несколько слоев проводом ПЭВ-1 0,86. Число витков — 145, длина намотки 42 мм, индуктивность — 0,4 мГн. Конструкция каркасов катушек показана на рис. 2.

В фильтре использованы конденсаторы МБГП на номинальное напряжение 160 В и резисторы ПЭВ-5.

Ящик изготовляют из плотной фанеры толщиной 10 мм. Размеры боковых стенок — 440×263 мм, а нижней и верхней — 280×263 мм. Выпиливать заготовки

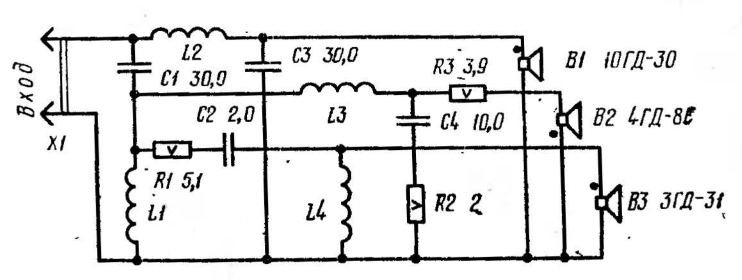


Рис. 1. Схема громкоговорителя

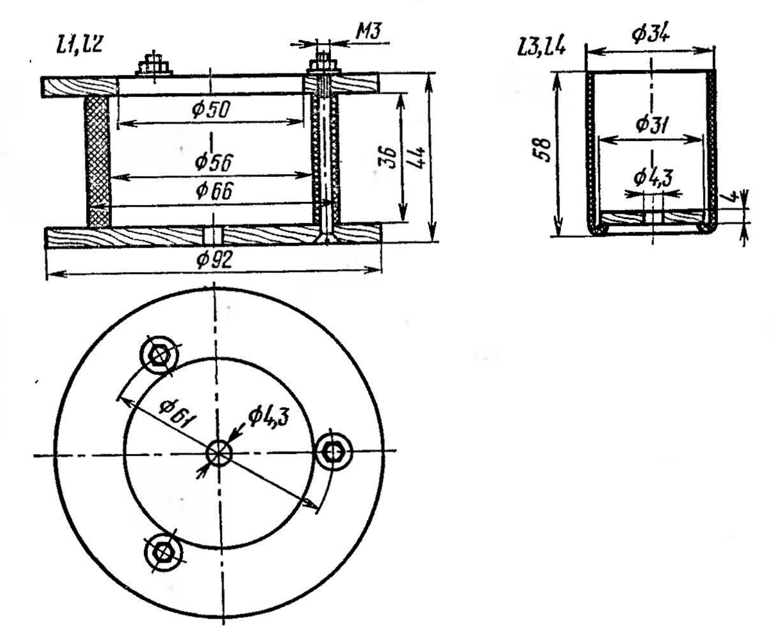


Рис. 2. Конструкция каркасов катушек

деталей из фанеры следует пилой с мелкими зубьями, чтобы избежать сколов и трещин на торцах. Удобно воспользоваться для этой цели ножовкой по металлу.

Выпилив заготовки, оклеивают их наружные стороны декоративной пленкой или шпоном ценных пород древесины. Декоративную пленку приклеивают клеем 88Н. К внутренним сторонам заготовок приклеивают эпоксидным клеем деревянные бруски сечением 25×20 мм, расположение которых показано на рис. 3. Переднюю панель склеивают эпоксидным клеем из двух кусков фанеры толщиной 10 мм каждый, предварительно выпилив лобзиком отверстия под головки и туннель фазоинвертора. Форма и размеры заготовок и сама панель в сборе показаны на рис. 4.

Детали ящика склеивают эпоксидным клеем, стягивают веревками, на верхнюю панель кладут груз и оставляют иа 1,5...2 суток для полного отверждеиия клея. После этого снимают веревки, осматривают ящик и,

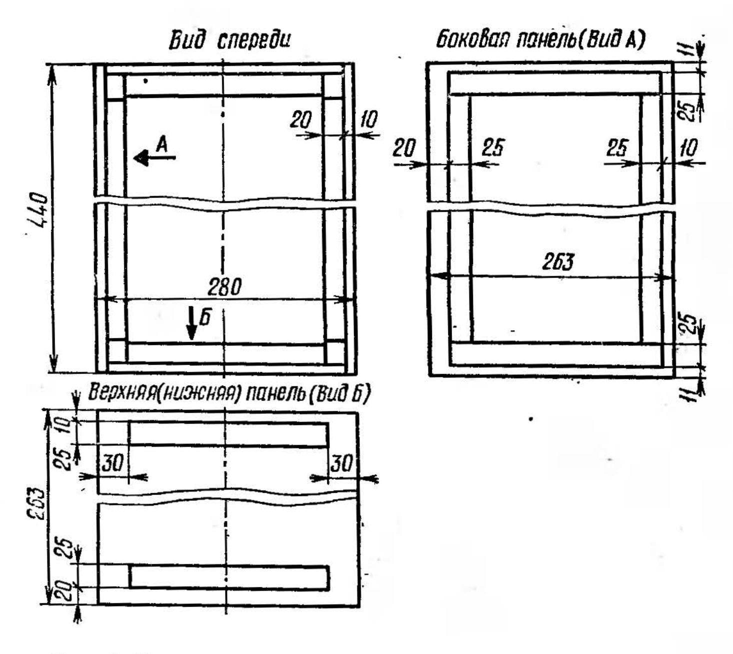


Рис. 3. Конструкция ящика громкоговорителя

если есть щели в стыках, заливают их эпоксидным клеем.

Туннель фазоинвертора с внутренним диаметром 40 мм склеен из толстого жесткого картона или нескольких слоев ватмана клеем ПВА. Толщина стенки 3 мм. Туннель приклеивают эпоксидным клеем к передней панели после настройки фазоинвертора, а на время настройки крепят пластилином.

Головку 10ГД-30 устанавливают на переднюю панель ящика изнутри, а головки 4ГД-8Е и 3ГД-31 — снаружи. Головку 4ГД-8Е закрывают колпаком из фанеры или дюралюминия. Внутренний объем колпака заполняют ватой (но так, чтобы она не касалась колеблющейся мембраны головки). Это необходимо для того, чтобы колебания воздуха, создаваемые НЧ головкой, не влияли на работу головки СЧ.

Детали разделительного фильтра монтируют на плате, которую затем крепят к дну ящика. Заднюю стенку

Рис. 4. Конструкция передней панели ящика

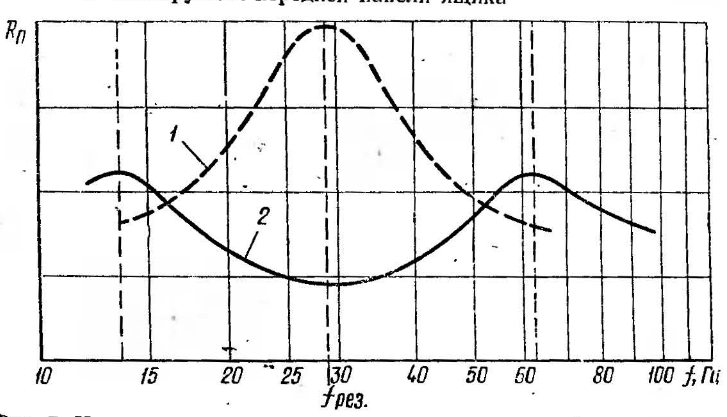


Рис. 5. Частотная характеристика сопротивления НЧ головки

прикрепляют к ящику шурупами. Провод для подключения головок продевают в отверстие в задней стенке и заливают его клеем. Чтобы обеспечить герметичность установки задней стенки, пользуются герметизирующей мастикой или прокладкой из губчатой резины. Внутреннюю поверхность ящика оклеивают поролоном толщиной 30...40 мм.

Фазоинвертор настраивают на резонансную частоту головки 10ГД-30 в открытом воздухе. Резонансную частоту измеряют по полному сопротивлению (кривая *1* на рис. 5). Затем, установив головку в ящик, снимают зависимость полного сопротивления от частоты и, изменяя длину туннеля, добиваются, чтобы на резонансной частоте головки было минимальное полное сопротивление (кривая *2*). Если минимум кривой *2* расположен левее $f_{рез}$, то необходимо уменьшить длину туннеля, и наоборот. Для этого изготавливают туннель заведомо большей длины и, укорачивая его, настраивают фазоинвертор. В описываемом громкоговорителе длина туннеля равна 190 мм. Следует заметить, что при изготовлении громкоговорителя в точном соответствии с описанием настройка фазоинвертора скорее всего не потребуется. Она будет необходима при изменении внутреннего диаметра туннеля более чем на 7...10% и объема ящика — на 10...20%.

Декоративную рамку лучше всего изготовить так, как сказано в статье О. Салтыкова «Малогабаритный громкоговоритель» (см. «Радио», 1977, № 11, с. 56, 57).

При прослушивании разнообразных музыкальных программ было отмечено заметное преимущество данного громкоговорителя по сравнению с заводскими мощностью до 20 Вт (10МАС-1, 20АС-1), особенно на низших частотах.